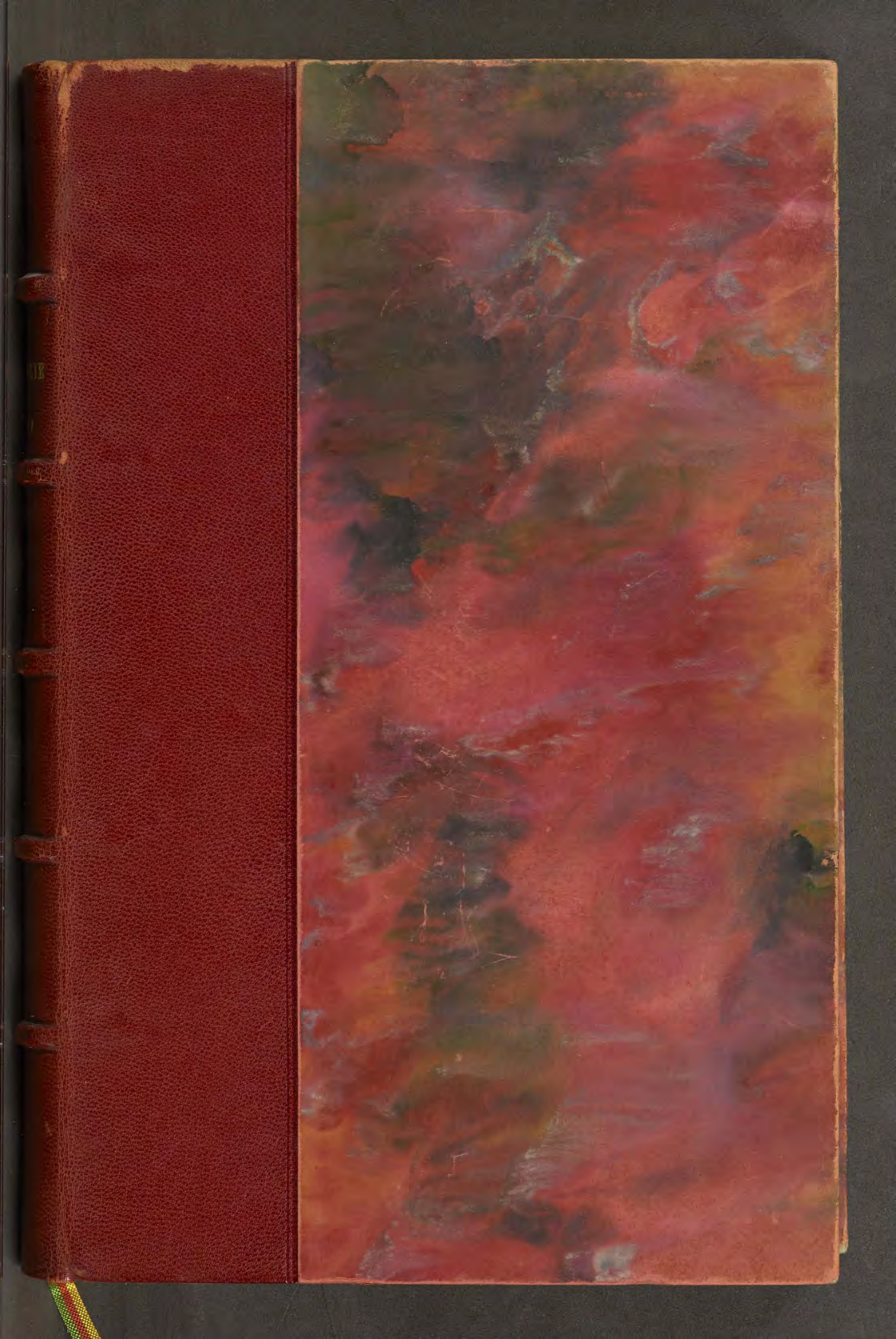
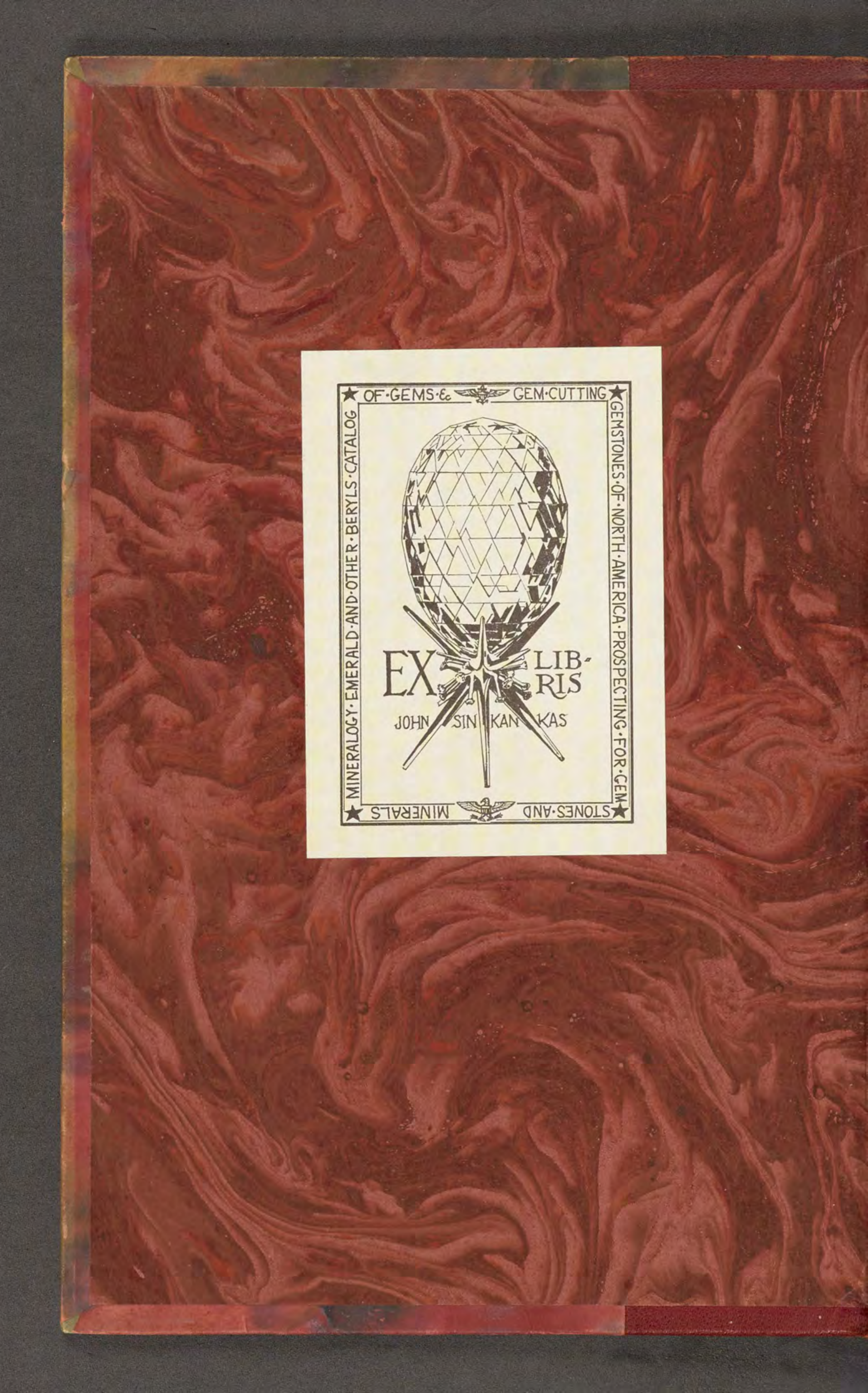
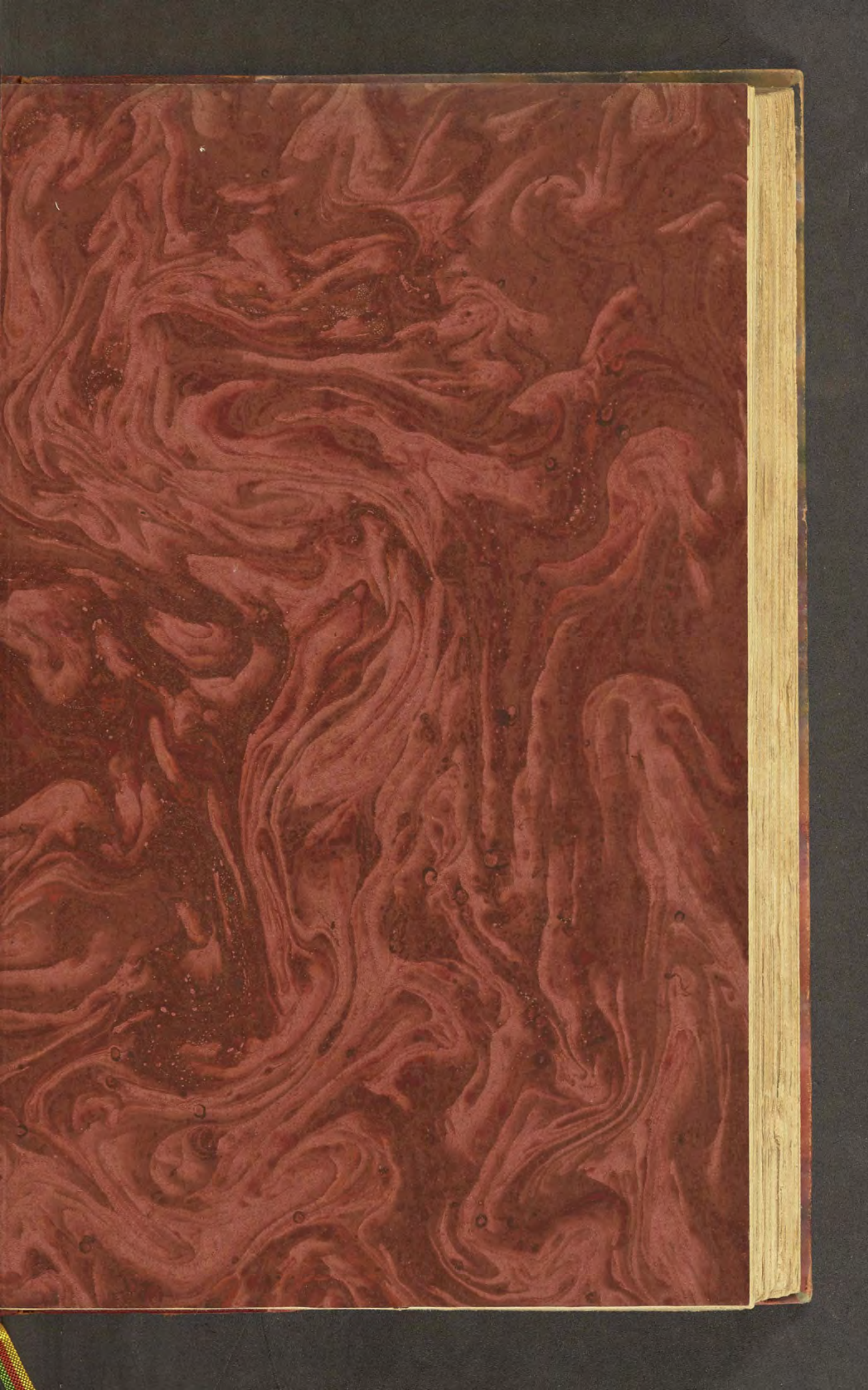



OF·GEMS·&c GEM·CUTTING
GEMSTONES·OF·NORTH·AMERICA·PROSPECTING·FOR·GEM
STONES·AND MINERALS
MINERALOGY·EMERALD·AND·OTHER·BERYLS·CATALOG
EX LIBRIS
JOHN SIN KAN KAS



Rousseau-Girard, Paris
7/18/70 112.00 (6 t. en 5 vol.).

(142)

C 15

This wrapper is misbound

A. LACROIX
Membre de l'Institut
Professeur de Minéralogie au Muséum d'histoire naturelle

MINÉRALOGIE
DE LA FRANCE
ET
DE SES COLONIES

DESCRIPTION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES MINÉRAUX
ÉTUDE DES CONDITIONS GÉOLOGIQUES
DE LEURS GISEMENTS

TOME CINQUIÈME

DEUXIÈME SUPPLÉMENT
ET
INDEX GÉOGRAPHIQUE
DRESSÉ AVEC LE CONCOURS DU
COLONEL AZÉMA

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR
SUCCESSEUR DE BAUDRY ET C[ie]
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, RUE DE LA RÉGENCE, 21
1913

MINÉRALOGIE

DE

LA FRANCE

Le présent volume a été publié en deux fascicules, parus le premier (pages 1 à 304) en janvier 1893, le second en décembre 1895.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

A. LACROIX
Professeur de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle

MINÉRALOGIE
DE LA FRANCE
ET
DE SES COLONIES

DESCRIPTION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES MINÉRAUX
ÉTUDE DES CONDITIONS GÉOLOGIQUES
DE LEURS GISEMENTS

TOME PREMIER

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET Cie, ÉDITEURS
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1893-95

A. LACROIX

MINÉRALOGIE
DE LA FRANCE
ET
DE SES COLONIES

DESCRIPTION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES MINÉRAUX
ÉTUDE DES CONDITIONS GÉOLOGIQUES
DE LEURS GISEMENTS

TOME PREMIER
(PREMIÈRE PARTIE)

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET Cie, ÉDITEURS
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1893

TABLE DES MATIÈRES

DE LA PREMIÈRE PARTIE DU TOME I

MINÉRALOGIE

DE

LA FRANCE

Réimpression (1911) conforme à l'original de 1893, sauf correction des erratas et addition de renvois au supplément du tome IV.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

A. LACROIX

MINÉRALOGIE
DE LA FRANCE
ET
DE SES COLONIES

DESCRIPTION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES MINÉRAUX
ÉTUDE DES CONDITIONS GÉOLOGIQUES
DE LEURS GISEMENTS

TOME PREMIER
(PREMIÈRE PARTIE)

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET Cie, ÉDITEURS
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE
1893

INTRODUCTION

La lecture des traités de minéralogie les plus récents, l'étude de nos grandes collections publiques tendent à faire considérer la France comme fort pauvre en minéraux. Le fait paraît étrange, quand on jette les yeux sur une carte géologique de notre pays, et que l'on constate le grand développement qu'y prennent les schistes cristallins et les formations paléozoïques, les roches éruptives anciennes et les roches volcaniques modernes.

Il n'est pas nécessaire cependant d'étudier bien à fond les Pyrénées, la Bretagne, le Plateau Central, le Dauphiné et les Vosges pour s'assurer que cette pauvreté en minéraux n'est qu'apparente et n'est qu'une conséquence du peu de faveur dont jouissent chez nous les études minéralogiques sur le terrain et les exploitations minières.

Il y a longtemps que ce fait m'a frappé et que j'ai commencé à recueillir tous les documents pouvant intéresser la minéralogie de la France.

J'ai visité la plupart des gisements anciennement connus, j'en ai découvert moi-même de nouveaux[1] ; enfin j'ai étudié plusieurs

1. Quelques-uns d'entre eux ont été brièvement décrits dans les *Comptes Rendus* et le *Bulletin de la Société française de Minéralogie*.

collections publiques ou particulières qui m'ont permis de compléter mes recherches personnelles.

Attaché depuis quatre ans au service de la Carte géologique détaillée de la France, avec mission spéciale d'étudier les terrains anciens et les formations éruptives de la chaîne des Pyrénées, j'ai pu aborder méthodiquement l'étude minéralogique de cette intéressante région. Les résultats que j'ai déjà obtenus sont importants, ainsi qu'on pourra en juger au cours de cet ouvrage.

J'ai du reste été guidé dans ces recherches par les observations que j'ai faites en visitant les gisements connus de plusieurs régions de l'Europe et de l'Amérique du Nord.

Les matériaux que j'ai amassés étant déjà très nombreux, j'ai pensé faire œuvre utile en les publiant dès à présent, bien que quelques parties de la France n'aient encore été étudiées que d'une façon très sommaire à ce point de vue.

La publication de mon ouvrage devant durer environ deux ans, il me sera donc possible de le faire bénéficier des recherches qui pourront être faites pendant ce temps. Plus tard, des suppléments successifs viendront compléter ces premiers documents.

J'ai donné à mon travail une forme didactique, afin que le lecteur ait sous la main tous les renseignements nécessaires à l'étude des minéraux que je décris, sans avoir besoin de recourir à un Traité de minéralogie.

J'ai cherché à exposer les propriétés cristallographiques et optiques d'une façon aussi claire que possible. L'emploi simultané des notations de Lévy-Des Cloizeaux et de Miller en facilitera la lecture à ceux qui ne sont pas familiarisés avec le système d note ation français. Si le système de Miller se recommande pour les facilités qu'il fournit au calcul, celui de Lévy est incomparable pour la simplicité des notations dans le langage parlé et dans le dessin des cristaux.

Toutes mes données numériques (angles des cristaux, densité, indices de réfraction, biréfringence, angle des axes optiques, composition chimique) résultent de l'étude de minéraux de gisements français. Le plus grand nombre d'entre elles me sont personnelles.

Toutes les fois que cela a été possible, ce sont les cristaux mesurés et étudiés au point de vue optique qui ont été analysés.

Dans la plupart des traités de minéralogie, on s'occupe presque exclusivement des minéraux *macroscopiques* ; l'étude des minéraux *microscopiques*, et particulièrement de ceux qui constituent les roches, est reléguée dans des ouvrages spéciaux et considérée comme appartenant au domaine de la géologie.

Une semblable distinction n'a plus sa raison d'être aujourd'hui. La connaissance que nous avons des propriétés des minéraux observés en cristaux macroscopiques permet d'étudier les mêmes substances faisant partie intégrante des roches et inversement, l'étude des propriétés optiques ou des particularités de structure des minéraux des roches est d'un précieux secours pour l'établissement définitif de l'histoire d'un grand nombre d'espèces minérales.

L'étude des roches est donc inséparable de celle des minéraux, et je me suis préoccupé de suivre chacune des espèces que j'ai eu l'occasion de rencontrer en France dans toutes ses manières d'être et dans tous ses gisements.

Lorsque les propriétés physiques et chimiques d'un minéral sont définitivement établies, son histoire n'est pas complète. Il joue un certain rôle dans la nature ; les formes souvent si nombreuses et si différentes que l'on rencontre dans une même espèce minérale sont une conséquence des conditions physiques de sa cristallisation. La recherche de ces conditions de cristallisation ne peut se faire dans le laboratoire. La connaissance exacte de la nature du gisement et des formes cristallines

que l'on rencontre dans chacun d'eux permettra seule d'arriver à la solution de cet intéressant problème. J'y ai apporté tous mes soins, et les conclusions auxquelles je suis arrivé constitueront le chapitre final de mon travail.

Dès à présent, je puis faire remarquer que pour un certain nombre de minéraux, tels que, par exemple, l'*andalousite*, les *grenats*, le *dipyre*, l'*albite*, etc., les formes et les particularités de structure sont si typiques pour chacun de leurs gisements différents que dans une région déterminée, telle que les Pyrénées, il est possible, la carte géologique étant donnée, d'indiquer *a priori* où l'on aura des chances de rencontrer des gisements de ces minéraux, et quelles seront leurs formes dominantes dans chacun d'eux.

Il est une autre question qui m'a paru intéressante à mettre en lumière. Lorsqu'un minéral est parvenu à son complet développement cristallin, son évolution n'est pas achevée. Il est soumis à de nombreuses forces physiques ou chimiques tendant à le modifier, le transformer ou le détruire.

Je me suis attaché à la description de ces phénomènes et j'ai suivi, notamment, la transformation de certaines espèces les unes dans les autres par voie de pseudomorphoses. Les observations microscopiques m'ont été d'un grand secours à ce point de vue.

Dans l'étude de la distribution géographique des minéraux français, je ne me suis pas toujours astreint à rester dans les limites politiques de notre pays, et il m'est arrivé souvent d'étudier les minéraux provenant des régions naturelles se prolongeant au delà des frontières ; j'ai, du reste, toujours eu soin d'indiquer ces gisements entre crochets.

A la fin de l'ouvrage, je donnerai des tables géographiques aussi complètes que possible, qui faciliteront les recherches du lecteur.

En ce qui concerne nos colonies, je n'ai eu malheureusement que des résultats très incomplets ; j'espère pouvoir combler cette lacune dans des suppléments ultérieurs.

Tout en donnant dans cet ouvrage la place la plus large possible à mes observations personnelles, je n'ai jamais négligé de signaler les travaux antérieurs et d'indiquer scrupuleusement les emprunts que je leur ai faits.

Quelques descriptions ou catalogues de minéraux de régions limitées m'ont été d'un grand secours. Je citerai en particulier la *Description des minéraux de la Loire-Inférieure*, par M. Baret, la *Minéralogie du Puy-de-Dôme*, de M. Gonnard, *celle du Morbihan*, par M. de Limur.

En ce qui concerne les gisements que je n'ai pas visités moi-même, j'ai eu souvent beaucoup de peine à les classer dans les groupements géologiques que mes propres observations m'ont conduit à établir. Il y a là une source inévitable d'incertitudes qui a été signalée chaque fois que l'occasion s'en est présentée.

Au cours de ce travail, j'ai contracté de nombreuses dettes de reconnaissance. Je dois, tout d'abord, remercier — mon savant maître, M. des Cloizeaux, qui m'a prodigué, de longue date, ses leçons et ses encouragements, et qui a mis libéralement à ma disposition ses documents personnels et ceux de la collection minéralogique du *Museum d'histoire naturelle* , — mes maîtres, MM. Fouqué et Michel Lévy, auprès desquels je travaille depuis dix ans ; je leur suis redevable de leurs leçons, de leurs conseils et des observations personnelles qu'ils m'ont communiquées sur les régions dont ils ont fait la carte géologique ; — MM. Friedel et Mallard, dont la bienveillance m'a été d'un grand secours pour l'étude de la collection de l'*École des Mines*, dans laquelle j'ai été guidé par l'inépuisable obligeance de M. Richard ; — MM. Daubrée et Damour, qui ont bien voulu me fournir de précieux renseignements et m'ouvrir leurs collections.

Je tiens aussi à rendre un pieux hommage à la mémoire de mon grand-père, qui a été mon premier maître en minéralogie, et qui m'a laissé de nombreux minéraux, recueillis par lui dans les anciens gisements de Saône-et-Loire et du Rhône.

Enfin je ne veux pas oublier tous ceux qui, pour une part plus ou moins grande, ont contribué à me procurer des documents provenant de leurs collections personnelles ou de celles qui sont confiées à leurs soins. Je citerai particulièrement MM. Barrois, Bergeron, E. Bertrand, L. Bertrand, M. Bertrand, Besnard du Temple, Bézier, Bleicher, Boule, Brun, L. Bureau, Caralp, Caraven Cachin, Cayeux, Chamussy, Curie, Delage, Deperet, Desharnoux, Dorlodot d'Arment, Duparc, de Fréminville, F[re] Euthyme, P. Gautier, Garreau, Grandidier, Gonnard, Gorecki, de Gramont, Haug, Jannettaz, Kampman, de Lapparent, de Launay, Latteux, Léon, Le Roux, Le Tellier, de Mauroi, L. Michel, Morineau, Munier-Chalmas, Œhlert, Offret, Ply, Potier, Pouyanne, Rouast, Rames, Segond, Seunes, Thollon, Vélain, Wallerant, Zeiller, etc.

Je tiens à adresser des remerciements tout spéciaux à MM. Baret, Frossard, Gourdon, de Limur, qui ont mis à mon entière disposition leurs collections, et n'ont jamais hésité au sacrifice d'un échantillon rare toutes les fois que l'intérêt d'une recherche l'a exigé.

J'espère que tous ceux qui liront ces lignes s'intéresseront à mon œuvre et voudront bien me continuer leur bienveillant concours pour m'aider à son achèvement.

Paris, 1[er] juillet 1892 (Collège de France).

A. LACROIX.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES

J'ai divisé cet ouvrage en deux volumes; l'un d'eux contiendra tous les minéraux, sauf les silicates et les titanates ; l'autre ces derniers minéraux.

Bien que j'aie suivi une classification chimique peu différente de celle qui a été employée par M. Groth, j'ai étudié dans mon premier volume les *silicates* et les *titanates* qui, logiquement, devraient constituer le second volume. J'ai cru pouvoir me permettre cette interversion pour les raisons suivantes : dans un travail comme le mien, destiné à la description des minéraux d'une région limitée, la classification n'a pas une grande importance, puisqu'un très grand nombre d'espèce et même de groupes y manquent complètement. D'autre part, j'ai recueilli sur les silicates beaucoup de faits nouveaux, que je désire faire connaître le plus tôt possible.

Je résumerai ici rapidement les observations communes à toutes mes descriptions.

J'ai fait suivre le nom de chaque minéral de la formule chimique à laquelle ont conduit les recherches les plus récentes.

L'indication du système cristallin est suivie des dimensions de la forme primitive, mises sous la forme adoptée par M. des Cloizeaux dans son *Manuel de minéralogie*. J'ai cru bon d'ajouter entre crochets les valeurs des paramètres rapportés aux axes généralement employés par les minéralogistes étrangers.

Formes observées. Pour le système de Miller, je me suis conformé aux conventions en usage dans le *Bulletin de la Société française de minéralogie* (Voy. t. I, 13. 1879) et dans le *Zeitschrift für Krystallographie*. De même pour les systèmes hexagonal et rhomboédrique, j'ai fait usage des symboles à quatre caractéristiques de Bravais.

Les formes énumérées sont *exclusivement* celles qui ont été observées sur les cristaux des gisements décrits dans cet ouvrage.

Macles, angles mesurés. Il en est de même pour les macles et les angles mesurés : des initiales indiquent le nom des observateurs et des localités où ont été recueillis les cristaux. Lorsque mes mesures n'ont pas été satisfaisantes, je me suis contenté de donner les angles calculés, correspondant aux faces citées plus haut.

Par macles d'origine secondaire, j'ai désigné les macles produites par compression ou choc, soit qu'elles aient pu être déjà déterminées artificiellement, soit que l'observation optique m'ait montré leur postériorité aux déformations mécaniques subies par les cristaux qui les présentent.

Faciès des cristaux. Dans ce paragraphe, je me suis occupé des directions d'allongement, d'aplatissement des cristaux, directions qui jouent un certain rôle dans le diagnostic de chaque minéral, et qui sont souvent particulières à des gisements déterminés. Les stries, cannelures, irrégularités des faces, l'hémiédrie, l'hémimorphisme des cristaux sont également traités dans ce paragraphe.

Déformations mécaniques. Les minéraux d'un grand nombre de gisements, et particulièrement de ceux que l'on observe dans les régions disloquées, ont subi l'influence des mouvements orogéniques ; ils présentent souvent alors des déformations qui ont été étudiées en détail.

Clivages. J'ai réuni dans ce paragraphe les clivages et la cassure. J'ai désigné par *plans de séparation* ce que les minéralogistes étrangers appellent *glidingplanes*, *gleitflächen* (ex. plans de séparation h^1 (100) du diallage, p (001) du pyroxène). Ils diffèrent des clivages proprement dits en ce qu'ils sont d'origine secondaire, qu'ils ont été produits généralement par compression, et sont souvent accompagnés de macles.

Dureté, densité. Après avoir indiqué la dureté et la densité particulières à l'espèce, j'ai donné le plus grand nombre possible de mesures de densité faites sur les échantillons des gisements que j'ai étudiés. Elles ont été prises par la méthode de la balance hydrostatique pour les minéraux de densité supérieure à 3, 3, et à l'aide des liqueurs denses pour les minéraux plus légers.

Coloration. J'ai donné ici la couleur des cristaux vus sans instruments d'optique, l'éclat, la couleur de leur poussière, ainsi que les caractères de transparence.

Inclusions. Les inclusions caractéristiques et particulièrement celles dont la présence peut faire varier la composition chimique d'une façon notable ont été étudiées avec soin. Je ne me suis pas préoccupé, bien entendu, des inclusions que l'on rencontre occasionnellement et qui sont, par suite, dépourvues de généralités.

Propriétés optiques. De même que dans l'ouvrage « *Les Minéraux des Roches* » que nous avons publié, M. Michel Lévy et moi [1], j'ai toujours considéré l'ellipsoïde des indices, dont les trois, axes n_g n_m et n_p sont les trois indices principaux de réfraction. Ils correspondent respectivement aux notations α, β, γ employées par M. des Cloizeaux dans son *Manuel de minéralogie*, aux indices γ, β, α et aux axes d'élasticité $\mathfrak{c}$ $\mathfrak{a}$ $\mathfrak{b}$ des auteurs allemands.

1. *Les minéraux des Roches*, Baudry, 1888, in-8

Les indices ont été mesurés soit par la méthode du prisme, soit par le procédé de la réflexion totale, à l'aide du réfractomètre de M. E. Bertrand. Dans ce cas, il en a été fait mention spéciale.

La biréfringence maxima a été, soit déduite de la mesure des indices, soit mesurée directement pour la lumière blanche à l'aide du comparateur de M. Michel Lévy. J'ai désigné, comme on le fait généralement, par 2 V l'angle réel des axes, par 2 E leur angle dans l'air, et par 2 H leur angle mesuré dans l'huile par M. des Cloizeaux. Les indices de l'huile employée par ce savant sont les suivants :

rouge.	jaune (Na).	vert.
1.466	1.468	1.4705

Quant à la notation 2 I, elle représente l'angle des axes mesuré dans l'*iodure de méthylène*, dont voici les indices donnés par M. Brauns (*N. J.* 1886. II. 76) :

Température.	Li.	Na.	Tl.
14° C.	1.7306	1.7424	1.7540
31° C.	1.71904	1.7200	1.7415

Entre ces limites de température, la valeur de ces indices décroît des quantités suivantes pour un accroissement de 1° C.

Li.	Na.	Tl.
0.0068	0.0071	0.0074

Dans un grand nombre de cas, les cristaux que j'ai eus à étudier étaient trop petits pour que la mesure de l'écartement des axes pût être faite par les méthodes ordinaires. Je me suis

alors servi du procédé indiqué par M. Mallard et consistant à mesurer, à l'aide d'un micromètre à fil mobile, la distance 2 *d* comprise entre les sommets des hyperboles d'une plaque perpendiculaire à la bissectrice aiguë.

En employant toujours le même objectif et en plaçant toujours la lentille mobile (lentille Bertrand) à la même place, l'écartement des axes dans l'air est donné par la formule :

$$\sin E = \frac{d}{M}$$

M étant une constante déterminée une fois pour toutes, à l'aide d'un minéral dont l'écartement des axes dans l'air (2 E) a été mesuré avec soin. Dans la pratique, il est indispensable d'avoir une série de constantes pour chacune des différentes positions que l'on peut être appelé à donner à la lentille Bertrand.

Quand l'écartement des axes (2 E) dépasse 100° environ, j'emploie un objectif et un condenseur en flint très réfringent, me permettant d'effectuer la mesure de 2 *d*, même quand cette valeur est très grande. Dans ces conditions, j'ai donné seulement l'angle réel des axes 2 V calculé à l'aide de la formule :

$$\sin V = \frac{d}{M n_m}$$

Enfin, dans des cas spéciaux, lorsque le minéral à étudier est trop mince et trop peu biréfringent, l'emploi de la lentille Bertrand ne donne plus que des images incertaines sur lesquelles aucune mesure n'est possible. J'ai remédié à cet inconvénient de la façon suivante :

On sait qu'il est possible d'observer très nettement les images d'interférence de la lumière convergente sans recourir à la lentille Bertrand, en plaçant une loupe à une distance convenable au-dessus de l'oculaire d'un microscope à lumière parallèle.

J'ai fait construire par M. Nachet un oculaire tel que l'on peut remplacer la loupe dont il vient d'être question par la lentille supérieure de son oculaire n° 1.

Il suffit alors d'enlever la lentille inférieure de l'oculaire à réticule mobile servant aux mesures ordinaires, et de visser cet appareil ainsi modifié sur mon nouvel oculaire. Les images que l'on obtient avec ce dispositif sont plus grandes qu'avec celui de von Lasaulx, plus petites et plus nettes qu'avec celui de M. Bertrand. On peut ainsi bénéficier des avantages des deux méthodes.

Les propriétés optiques ont été résumées sur de petites épures représentant généralement le plan des axes optiques. L'angle réel des axes (2 V), et souvent l'angle apparent (2 E) y ont été dessinés en vraie grandeur autour de la bissectrice aiguë.

Grâce à l'habileté de M. Ivan Werlein, j'ai pu obtenir des prismes et des plaques de cristaux extraordinairement petits qui semblaient au premier abord devoir se refuser à une étude optique complète.

Pléochroïsme. J'ai donné généralement les couleurs de pléochroïsme observées sur les minéraux taillés en lames de $0^{mm}02$, c'est-à-dire avec l'épaisseur habituelle des coupes destinées à l'étude des roches; quand cela a été possible, j'ai indiqué les teintes pour une épaisseur plus grande, variant de 1^{mm} à $0^{mm}5$, suivant la transparence des cristaux.

Composition chimique. Autant que possible, j'ai fait l'analyse des minéraux que j'ai eus entre les mains ; toutes les fois qu'une substance n'a pu être triée au microscope, je me suis abstenu de faire sur elle des essais quantitatifs. J'ai eu soin de rapporter les analyses faites antérieurement sur les minéraux français ; quelques-unes de date ancienne n'ont été citées qu'au point de vue historique.

Essais pyrognostiques. Sous cette rubrique, j'ai réuni tous les essais qualificatifs effectués soit au chalumeau, soit dans le matras, soit enfin par l'action des acides.

Altérations. Ainsi que je l'ai dit plus haut, les altérations et pseudomorphoses des minéraux m'ont toujours préoccupé. Toutes les fois que cela m'a paru utile, j'ai donné des figures pour mettre en lumière les relations existant entre le minéral ancien et les produits récents.

Diagnostic. J'ai résumé en quelques lignes les caractères spéciaux à chaque minéral, ceux qui permettent de le distinguer rapidement, soit en échantillons *macroscopiques*, soit en individus *microscopiques*, engagés dans les plaques minces de roches.

J'ai rappelé la densité, l'action de l'acide fluorhydrique et de l'électro-aimant : les données qui en résultent faciliteront les recherches pour les séparations mécaniques ou chimiques de ces minéraux, engagés dans les roches ou recueillis dans les sables.

Gisements et associations. Pour chaque minéral, j'ai étudié séparément les conditions géologiques dans lesquelles on les rencontre. Les divisions étant une fois établies, j'ai résumé brièvement les formes particulières sous lesquelles les minéraux se présentent dans chacune d'entre elles, et les substances qui les accompagnent ordinairement. Puis chaque gisement est étudié dans l'ordre géographique suivant : Normandie, Bretagne et leurs annexes, Vendée, Pyrénées et annexes (Corbières), Montagne Noire, Plateau Central et annexes, Vosges, Ardennes, Alpes, Esterel [1], Corse, Algérie, Colonies françaises et pays de Protectorat. Les gisements que j'ai eu l'occasion d'étudier à peu de distance des frontières ont

1. Les minéraux, peu nombreux du reste, que l'on trouve dans les formations secondaires, tertiaires ou récentes des bassins de la Seine, de la Loire, de la Garonne et du Rhône, seront étudiés en dernier lieu.

été désignés par un signe spécial [Espagne], [Alsace], [Ardenne belge], [Alpes suisses ou italiennes].

Dans chacune de ces régions, l'ordre descriptif a été le même, à moins que la clarté de mon exposition n'ait nécessité des interversions.

C'est dans le texte même de la description de chaque gisement qu'ont été intercalées les figures représentant les formes qui y ont été observées.

ABRÉVIATIONS

OUVRAGES PÉRIODIQUES

A. M. *Annales des Mines.* Paris.
A. P. C. *Annales de Physique et de Chimie.* Paris.
B. C. F. *Bulletin des Services de la Carte géologique détaillée de la France.* Paris.
B. S. G. *Bulletin de la Société géologique de France.* Paris.
B. S. M. *Bulletin de la Société minéralogique de France.* Paris.
C. R. *Comptes rendus de l'Académie des sciences.* Paris.
J. M. *Journal des Mines*, fondé en 1797 et continué en 1816 par les *Annales des Mines.*
J. P. *Journal de Physique* (1771-1823). Paris.
N. J. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, etc. Leipzig.
P. A. *Annales de Poggendorf.* Leipzig.
Z. d. G. *Zeitschrift d. deutsch. geologisch. Gesellschaft.* Berlin.

NOMS D'AUTEURS

Dx. Des Cloizeaux.
Fq. Fouqué.
Lx. A. Lacroix.
Ml. Michel Lévy.
M. Marignac.
R. vom Rath.

L'indication *op. cit.*, accompagnant les citations des auteurs suivants, se rapporte aux ouvrages dont voici les titres :

Baret. — *Description des minéraux de la Loire-Inférieure.* Nantes, 1885.

Charpentier (de). — *Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées.* Paris, 1823.

Des Cloizeaux. — *Manuel de minéralogie.* Paris, Dunod, 1862-1872-1893.

Drian. — *Minéralogie et pétralogie des environs de Lyon.* Lyon, 1849.

Fouqué et Michel Lévy. — *Minéralogie micrographique.* Paris, Quantin, 1879.

Gonnard. — *Minéralogie du Puy-de-Dôme.* Paris, Savy, 1876.

Groth. — *Tabellarische Uebersicht der Mineralien.* Braunschweig, 1889.

Haüy. — *Traité de minéralogie,* 4 vol. in-8 et atlas. Paris, 1801, et 2e éd. 1822.

Limur (de). — *Catalogue des minéraux du Morbihan.* Vannes, 1884.

Michel Lévy et Lacroix. — *Les minéraux des Roches.* — Paris, Baudry, 1888, et *Tableau des minéraux des Roches,* id., 1889.

Romé de l'Isle. — *Cristallographie,* 4 vol. in-8. Paris, 1783.

MINÉRALOGIE DE LA FRANCE

SILICATES ET TITANATES

SILICATES BASIQUES

STAUROTIDE

$H^4 (Fe, Mg)^6 (Al, Fe)^{24} Si^{11} O^{66}$ (Frield.)

Orthorhombique : $mm = 129° 26'$ (Dx.)

$b : h = 1000 : 615,183$. $D = 903,834$. $d = 427,095$

$[a : b : c = 0,47234 : 1 : 0,68036]$

Formes observées. m (110), g^1 (010), p (001), a^1 (101).

Macles. Macles rectangulaires suivant $e^{2/3}$ (032); macle à 60° suivant $(b^1 b^{1/5} g^{1/2})$ (232). Les faces d'association de ces macles n'ont jamais été observées. Je n'ai pas rencontré dans les gisements français la macle suivant g^2 (130) signalée par M. E. Dana dans les cristaux de Fannin C° (Georgia).

M. Mallard a proposé de changer d'axes de telle sorte que :

L'ancien	a^1 (101)	devienne	m (110)
—	p (001)	—	g^1 (010)
—	g^1 (010)	—	p (001)
—	m (110)	—	$a^{3/2}$(203)

Les paramètres deviennent alors $a : b : c = 0.964 : 1 : 0.979$, c'est-à-dire à peu de chose près $0.707 : 1 : 1$ ou $1 : \sqrt{2} : \sqrt{2}$, ce qui revient à dire que le réseau de la staurotide est pseudo-cubique. L'axe

a est donc un axe pseudo-quaternaire, et les axes b et c des axes pseudo-binaires. Cette nouvelle notation a l'avantage d'expliquer les macles de la staurotide. En effet, dans la macle à 90°, l'un des individus constituants a tourné de 90° autour de l'axe pseudo-quaternaire pg^1 (001) (010), et dans la macle à 60°, il y a eu rotation de 180° autour de l'axe pseudo-binaire normal à $b^{1/2}$ (111).

J'ai conservé ici l'ancienne position adoptée par M. des Cloizeaux dans son Manuel.

Les cristaux des gisements français ne se prêtent pas à des mesures suffisamment précises pour être citées ; je me contenterai d'indiquer les angles calculés à l'aide des données ci-dessus :

	angles calculés		angles calculés		angles calculés
[mm	129° 26′	[$p\,a^1$	124° 46′	$^*m\,a^1$	137° 58′
[$^*mg^1$	115° 17′ (Dx.)	[a^1a^1	69° 32′ (sur p)		

Faciès des cristaux. Les cristaux de staurotide sont toujours allongés suivant l'axe vertical ; ils ne sont jamais aplatis suivant g^1 (010) comme quelques-uns de ceux du Saint-Gothard ; la face a^1 (101) est généralement peu développée ; p (001) manque très rarement. Dans quelques cristaux, ces dernières faces sont rugueuses et même parfois creuses. Il existe de grandes variations dans les dimensions relatives des individus constituant les macles. Dans les macles suivant $e^{2/3}$ (032), tantôt les deux composants ont les mêmes dimensions (fig. 5), tantôt l'un d'eux beaucoup plus gros englobe le second (fig. 7).

Dans les macles suivants (232), il arrive fréquemment que l'un des individus est imparfaitement développé à l'une de ses extrémités. Dans un seul gisement, j'ai rencontré la macle constituée par trois individus, comme le montre la figure 9.

Déformations mécaniques. Quelques cristaux de Bretagne ont été courbés d'une façon plus ou moins intense sans offrir cependant de cassures. Dans d'autres cas, les cristaux brisés ou tordus sont ressoudés par du quartz.

Clivages. Le clivage suivant g^1 (010) est net, mais souvent interrompu ; il en existe des traces suivant m (110). La cassure est conchoïdale ou inégale.

Dureté. 7 à 7,5.

Densité. 3,4 à 3,8. Les variations de dureté et de densité tiennent aux nombreuses inclusions signalées plus loin.

Coloration. Brun rouge, rouge foncé ou brun noir. Éclat vitreux, passant au résineux dans la cassure. Poussière blanche. Le minéral est transparent ou translucide sur les bords, toujours transparent en lames minces.

Inclusions. La staurotide de la plupart des gisements français, même lorsqu'elle se présente en cristaux distincts, renferme une quantité considérable d'inclusions de quartz, ainsi que le montre la figure 8 représentant une coupe mince faite dans un petit cristal très net de Baud. Il existe en outre des inclusions de rutile, de tourmaline, etc., qui n'ont rien de caractéristique.

Les cristaux des schistes paléozoïques renferment souvent des inclusions noires charbonneuses analogues à celles de l'andalousite (chiastolite) ; elles sont distribuées soit d'une façon quelconque, soit d'une façon régulière parallèlement à certaines des faces du cristal (fig. 10 et 11).

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100).

Bissectrice aiguë *positive*, perpendiculaire à p (001).

Les cristaux de nos gisements ne se prêtent pas à des mesures d'indices. Je me contenterai de donner ici ceux que nous avons mesurés, M. Michel Lévy et moi, sur la staurotide du Saint-Gothard pour la lumière du sodium :

$$\mathbf{n_g} = 1.746$$
$$\mathbf{n_m} = 1.741$$
$$\mathbf{n_p} = 1.736$$

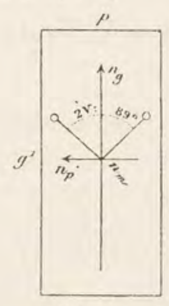


Fig. 1. Section h^1 parallèle au plan des axes optiques.

La biréfringence maximum est (moyenne des mesures directes) :

$$\mathbf{n_g} - \mathbf{n_p} = 0.012$$

L'écartement réel des axes optiques de la staurotide des micaschistes de Coadrix et de celle des schistes siluriens de Forges-Neuves (Finistère) oscille entre 88° 30′ et 90° ; il est un peu variable dans les diverses plages d'un même cristal. Quelques cristaux de Coadrix donnent par clivage des lames g^1 (010), suffisamment transparentes pour permettre de mesurer l'écartement des axes autour de la bissectrice obtuse *négative.*

La dispersion est faible avec $\rho > v$. M. des Cloizeaux a constaté que l'écartement des axes diminuait avec l'augmentation de la chaleur.

Pléochroïsme. En lames minces, la staurotide est toujours pléochroïque, bien qu'avec une intensité variable suivant les gisements.

On observe généralement les teintes suivantes dans les plaques de $0^{mm}02$:

n_g = jaune d'or
n_m = jaune pâle
n_p = incolore

Composition chimique. La staurotide est essentiellement un silicate d'alumine et de protoxyde de fer ; sa formule prête à discussion. Les inclusions que renferme le minéral atteignent parfois 40 0/0 et il est souvent difficile de le purifier complètement, même après traitement par l'acide fluorhydrique, comme l'a fait autrefois M. Lechartier. J'ai donné plus haut la formule adoptée par M. Friedl (*Z. K. X.* 373), à la suite d'analyses faites sur des cristaux purifiés avec le plus grand soin. Plus récemment, M. Coloriano a proposé (*Bull. Soc. chim.*, XLIV. 427. 1885) la formule :

$$H^2Fe^2Al^{12}Si^5O^{31}$$

que M. Groth transforme de la façon suivante :

$$H^2Fe^2Al^{10}Si^4O^{26}$$

Les analyses *a*) et *b*) dues à M. Rammelsberg (*Z. d. G.* XXV, 57) ont été effectuées sur des cristaux du Morbihan. La teneur en silice paraît un peu trop forte, sans doute à cause d'une petite quantité d'inclusions quartzeuses, non éliminées avant l'analyse. Je donne à titre de document historique les analyses faites sur le minéral du même gisement *c*) par Collet Descotils (*J. P.* an 6. III 66), *d*) par Vauquelin (*J. M.* VIII. 354), *e*) et *f*) par Jacobson (*P. A.* LXII. 419), et *g*) par M. Rammelsberg (*P. A.* CXIII. 599) à une époque où les cristaux non étudiés au microscope passaient pour homogènes.

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)	*f*)	*g*)
SiO^2...	30.23	31.76	48.0	33 00	39.19	40.35	50.75
TiO^2...	0.29	1.00	»	»	»	»	»
Al^2O^3..	51.16	50.03	40.0	44.00	44.87	44.22	34.86
Fe^2O^3..	»	»	9.5	13.00	15.09	15.77	2.86
Mn^2O^3..	»	»	0.5	1.00	0.17	0.20	traces
FeO ...	14.66	14.18	»	»	»	»	10.45
MgO...	2.73	2.07	CaO=1.0	3.84	0.32	»	1.80
H^2O ...	1.26	0.96	»	»		»	0.38
	100.33	100.00	99.0	94.84	99.64	100.44	101.10

M. Lechartier a montré dans sa thèse (Paris, 1864, p. 16) combien était grande la proportion des inclusions quartzeuses dans les

staurotides bretonnes. Il a donné la densité et les dosages de silice, effectués sur les mêmes cristaux avant (*a*) et après (*b*) purification à l'acide fluorhydrique.

a)

	I			II	III
SiO^2.........	54.15	48.57	46.21	49.36	41.36
Perte au feu...	1.10	1.10	1.30	1.01	1.41
Densité.......	3.35	3.34	3.39	3.34	3.39

b)

	I	II	III
SiO^2.........	28.16	28.98	29.15
Perte au feu...	1.55	1.43	1.49
Densité.......	3.75	3.70	3.76

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau. Difficilement attaquable par l'acide sulfurique. Inattaquable à froid par l'acide fluorhydrique.

Altérations. La staurotide subit souvent des altérations analogues à celles de l'andalousite ; elle se transforme en produits micacés. Tous les gisement français en présentent des exemples. Généralement la modification est périphérique, elle se propage suivant les cassures et les clivages ; le mica forme des agrégats de lames minces, qui ne sont souvent perceptibles qu'au microscope.

Dans les roches micacées d'Itsatsou (Basses-Pyrénées), j'ai observé une transformation de staurotide en lames de mica atteignant 1^{mm}. Dans le schiste noir, on voit des moules micacés dont le centre est quelquefois encore occupé par un fragment corrodé de staurotide quand la transformation est incomplète (fig. 2) ; ce mica possède des axes assez écartés.



Fig. 2.
Pseudomorphose de staurotide en mica blanc dans schiste à tourmaline. Itsatsou.

Diagnostic. Les formes et les macles de la staurotide sont caractéristiques. Dans les schistes noduleux, quand les formes sont empâtées, on a parfois de la peine à la distinguer, au premier abord, de l'andalousite ; il suffit de briser un nodule pour reconnaître la staurotide à sa couleur brun-rouge foncé et à l'éclat un peu résineux de sa cassure.

En lames minces dans les roches, le pléochroïsme énergique dans les teintes jaune d'or avec maximum suivant l'allongement des cristaux (trace de $\mathbf{n}_g$), joint à l'extinction longitudinale et à la faible biréfringence, ne permet de confondre la staurotide avec aucun autre minéral ; les macles et les formes sont également très caractéristiques. Les figures 8, 10 et 11 représentent des sections orientées.

La forte densité de la staurotide la fait tomber dans toutes les liqueurs denses utilisées pour la séparation mécanique des minéraux ; sa résistance à l'action de l'acide fluorhydrique est précieuse pour son extraction des roches qui la contiennent.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS [1]

La staurotide se rencontre dans les micaschistes et les schistes micacés, généralement précambriens. Les schistes qui la renferment étant habituellement percés par des filons de granulite, et souvent intercalés avec des bancs feldspathisés par ces roches, on peut, au moins dans un grand nombre de cas, considérer la staurotide comme un minéral formé sous l'action de la granulite.

Les minéraux qui accompagnent d'ordinaire la staurotide sont : l'*andalousite*, le *grenat*, le *disthène*.

Les schistes à andalousite, staurotide et grenat de quelques gisements sont certainement paléozoïques. Quelques-uns de ceux du Finistère sont évidemment siluriens ; leur métamorphisme est dû, selon toute vraisemblance, à l'action du granite.

C'est peut-être à l'action du granite qu'il y a lieu également d'attribuer le développement de la staurotide dans quelques schistes micacés (*schistes maclifères*) des Pyrénées, que je n'ai pas moi-même observés en place et qui diffèrent par quelques caractères, surtout macroscopiques, des schistes précambriens modifiés par les filons de quartz à andalousite de la même région.

Bretagne. — Les cristaux de staurotide de Bretagne sont connus depuis longtemps et les anciens auteurs français les ont soigneusement étudiés. On peut citer notamment un petit livre fort rare du président de Robien : « *Nouvelles idées sur la formation des Fossiles* (p. 109), suivi d'une « *Dissertation sur la formation des trois différentes espèces de Pierres figurées qui se trouvent dans la Bretagne* ». Paris, 1751. Les

1. Voir *Supplément*, t. IV, 672.

trois minéraux étudiés dans cette dissertation sont des cristaux cubiques de *pyrite*, l'*andalousite* (*chiastolite*) des Salles de Rohan et la *staurotide*. L'auteur donne des figures assez démonstratives et émet des idées curieuses sur la nature et l'origine de ces minéraux. Il les considère tous (p. 14) comme des « pirytes pierreuses, dont les parties sulfureuses, salines, vitriolées et métalliques se sont évaporées, dissoutes, et ont été entraînées par les lotions continuelles des eaux tant que pluyes que des rosées, etc., et n'ont laissé que la partie pierreuse talqueuse, micassée dont elles sont encore revêtues aujourd'hui. »

Quant au mode de formation des macles, voici comment l'explique l'auteur : « ces pierres, ou cristaux terreux, ou pierres cristallisées par des sels analogues à leurs figures, dans un grand liquide, étant mols et susceptibles de réunion par l'évaporation de l'humide, se sont précipités et déposés confusément les uns sur les autres, s'y sont incorporés, et ceux qui sont tombés sur d'autres, transversalement, se sont confondus au centre et ont formé par le dessèchement ces trois croix pierreuses qui font la matière de notre observation ; lorsqu'elles se sont précipitées de travers, elles se sont unies également par le point où elles se sont touchées et ont formé des sautoirs ou croix de Saint-André, plus ou moins régulièrement, et c'est cette confusion et le hazard de leurs rencontres qui ont causé toutes les variétés. »

Romé de l'Isle fit de la staurotide sa première variété de *schorl cruciforme* (ou *pierre de croix*), la deuxième variété étant la *macle basaltique* (*chiastolite*). Ce fut Delamétherie (*Sciagraphie*, Paris, 1792, I, 168) qui proposa pour ce minéral le nom de *staurotide* adopté depuis.

Les gisements cités par ces auteurs sont ceux du Finistère et du Morbihan.

Côtes-du-Nord. Beau gisement dans les micaschistes du Légué, près Saint-Brieuc et des falaises qui se trouvent plus à l'est. Les micaschistes y alternent avec des schistes amphiboliques. Cette même bande de micaschistes à staurotide peut être suivie dans les falaises à l'ouest de la baie, près Plouha.

Les cristaux ont la même forme que ceux du Morbihan, décrits plus loin.

M. Barrois m'a signalé le même minéral dans une bande de schistes précambriens granulitisés du sud de Lannion (de Ploubezre à Ploumilliau ; à Quinquis).

Finistère et Morbihan. La staurotide se trouve abondamment répan-

due en beaux cristaux dans de nombreux gisements du Finistère et du Morbihan. Elle s'y rencontre au milieu de micaschistes et de schistes micacés précambriens métamorphisés par la granulite qui y forme de nombreux massifs, parfois de grande importance. M. Barrois les a indiqués sur les feuilles de Chateaulin, de Pontivy et de Vannes de la *Carte géologique détaillée de la France*. Je dois à son obligeance des détails complémentaires. Les cristaux que j'ai eus entre les mains m'ont été donnés par lui et par M. de Limur.

Au Conquet (*Finistère*), on trouve une bande de micaschistes renfermant des staurotides de petite taille (atteignant rarement un centimètre), accompagnées d'énormes grenats. On peut la suivre sur plusieurs kilomètres à l'est du Conquet.

Une large bande de schistes micacés à staurotide (précambrien granulitisé) traverse la feuille de Chateaulin de l'est à l'ouest, de Plogonnec (*Finistère*), à Guiscriff, dans le *Morbihan*. Les plus beaux gisements se trouvent à Coray, à Scaër (Menez ru) et dans le petit village de Coadrix, situé à égale distance des deux autres localités (*Finistère*). C'est de ces gisements que proviennent tous les cristaux étiquetés dans les collections « environs de Quimper ». On trouve assez souvent Coadrix orthographié Coadris, Coadri, Quadris, Quadry, Quadrille.

Les schistes de cette région sont riches en biotite et en quartz ; ils renferment parfois du graphite, du disthène, de la tourmaline, et comme éléments microscopiques du zircon et du rutile. Ils sont fréquemment ondulés, et suivant une ancienne observation de Durocher, on voit souvent le schiste très plissé autour des cristaux de staurotide.

Une seconde bande des mêmes schistes s'observe plus au sud, au nord de Rosporden ; elle renferme aussi des staurotides, mais en moins grande abondance. On les retrouve, avec andalousite, à Plouay (Morbihan).

Plus à l'est et au sud-ouest de Pontivy, dans la vallée du Blavet, les micaschistes granulitisés des environs de Saint-Nicolas et de Locmaria sont riches en staurotide et en grenat ; mais c'est au sud-est que se développe entre Baud et Locminé une large bande des mêmes micaschistes, renfermant de nombreux gisements de superbes cristaux qui, avec ceux des environs de Coray, etc., ont rendu célèbres les staurotides bretonnes. Les plus importants d'entre eux se trouvent dans la vallée de l'Evel au sud de Guénin, dans le ravin de Kérival, à la Haie-Haute en Baud (appelée aussi le Hayo), à Talhouet en Baud (à 1 kil. N.

de la route de Baud à Locminé), puis, plus à l'est, il y a lieu de signaler Moustoir-Ac, Keroman en Plumelin (avec disthène), Pluherlin.

Les formes des cristaux provenant de ces divers gisements ne varient guère avec chacun d'eux ; quelques-uns des plus gros cristaux que je connaisse proviennent de la Haie-Haute en Baud. M. de Limur en possède un ayant 7 cm 5 de plus grande dimension sur 4 cm 5 de large; il pèse 168 gr. ; un autre cristal maclé pèse 214 gr. Les gisements de Coray, Scaër et Coadrix ont produit aussi d'énormes cristaux prismes *p m* de 10cm de longueur.

Les formes les plus habituelles sont *p* (001), *m* (110), (fig. 3), souvent accompagnées de a^1 (101) et de g^1 (010), (fig. 4).

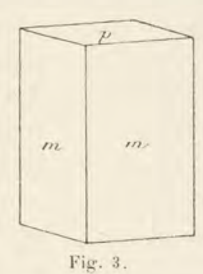


Fig. 3.

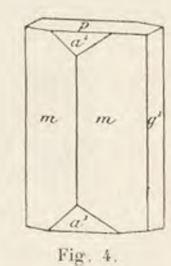


Fig. 4.

Les cristaux maclés sont relativement rares sur le terrain, et si on les rencontre si abondants dans les collections, c'est à cause du soin que prennent les gens du pays à les recueillir pour les vendre aux voyageurs sous le nom de *croisette*.

Il existe de grandes variations dans les dimensions des individus constituant ces macles; tantôt les deux cristaux composants ont la même grandeur, et les branches de la croix formée sont libres, fig. 5 et 6, tantôt l'un des deux individus est beaucoup plus gros que l'autre et englobe complètement ce dernier. On observe ce fait surtout dans les macles rectangulaires (fig. 7). Les faces basiques des gros cristaux sont souvent creuses. Ils ont aussi toutes leurs faces rugueuses. On s'explique aisément la cause de ce fait en examinant au microscope une lame mince taillée dans un de ces cristaux. On voit alors que la staurotide n'en forme en quelque sorte que la trame, englobant un nombre considérable de grains de quartz (fig. 8). Quant au mica, il

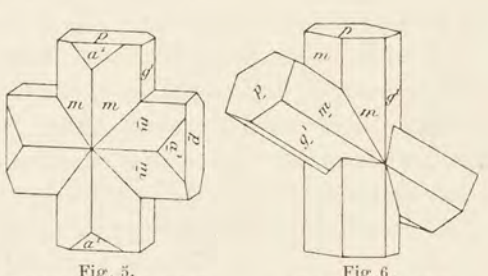


Fig. 5. Macle suivant *e* 2/3 (032).

Fig. 6. Macle suivant (232).

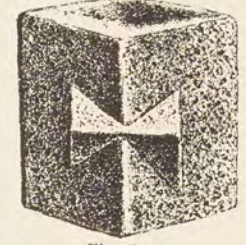


Fig. 7. Macle suivant *e*2/3 (032).

est postérieur; il est venu s'appliquer si intimement contre la staurotide, qu'il est parfois difficile de dégager celle-ci d'une façon convenable.

M. de Limur a signalé (*B. S. M.*, XI. 61. 1888) des cristaux de Moustoir-Ac, formés de trois zones concentriques; l'une extérieure est fibrolamellaire, l'autre centrale présente la cassure vitreuse avec l'éclat résineux habituel au minéral, tandis que la partie moyenne est très terne et finement grenue.

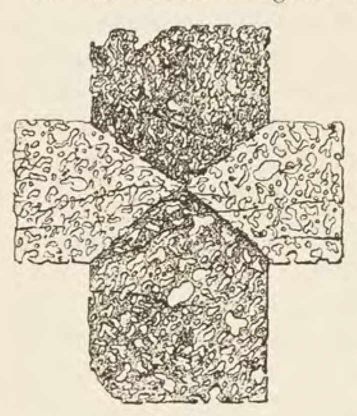


Fig. 8.
Coupe mince d'une macle de staurotide faite parallèlement à h^1 (100) et montrant les inclusions de quartz.

Je dois à l'obligeance de M. Barrois des fragments d'énormes cristaux brun rouge de staurotide de Coadrix : ils ont les faces lisses et brillantes ; ils sont pauvres en inclusions quartzeuses et peuvent rivaliser de beauté avec les cristaux du St-Gothard. Ils présentent un clivage g^1 (010) très net. Ils me sont parvenus à la fin de l'impression de cette feuille, c'est pourquoi je ne puis en donner une analyse.

Enfin, il existe dans le Finistère un gisement de staurotide tout à fait spécial, signalé par M. de Limur (*op. cit.*, 52) au village de Mur en Plouigneau, et aux Forges-Neuves, près Morlaix. Les cristaux se trouvent dans un schiste noir argilomicacé, ondulé, d'âge probablement silurien, d'après M. Barrois. Les échantillons que j'ai étudiés m'ont été remis par M. Munier Chalmas qui les a recueillis à Forges-Neuves. Ces cristaux généralement plus allongés suivant l'axe vertical que ceux des autres gisements bretons ne dépassent pas 8^{mm}. Ils présentent les formes habituelles m (110), g^1 (010), p (001) et a^1 (101) ; a^1 est très développé et souvent p manque.

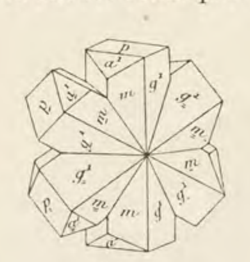


Fig. 9.
Macle suivant (232) de trois individus.

Les macles sont extrêmement fréquentes, je n'ai pas observé les macles à angle droit ; les macles à 60° sont souvent constituées par trois individus (fig. 9), elles sont très analogues à celles de Fannin County (Georgia), qui ont été décrites par M. E. Dana.

Contrairement à ce qui se passe pour les staurotides des mica-

schistes bretons, les cristaux de ce gisement ne renferment que rarement des inclusions de quartz, mais ils contiennent une grande quantité d'inclusions charbonneuses. Elles sont souvent alignées sur le prolongement des traînées micacées et charbonneuses du schiste ambiant. Leur distribution dans les cristaux est fort variable. Elles sont parfois disposées en zones concentriques ; le cristal est alors formé d'enveloppes successives, riches en pigment noir et d'autres dépourvues d'inclusions. Le centre du cristal est généralement limpide. C'est sans doute une disposition analogue qu'a décrite M. de Limur à Moustoir-Ac dans des cristaux que je n'ai pu observer moi-même. La figure 10 représente une section basique d'un cristal offrant ce genre d'inclusions.

Fig. 10.
Coupe mince de staurotide de Forges-Neuves. Section suivant p faisant voir la distribution zonaire des inclusions.

Dans d'autres cas, le pigment noir forme au centre du cristal un petit dessin relié aux bandes d'inclusions de même nature, parallèles aux faces du cristal (fig. 11, section suivant g^1).

Le schiste contenant ces staurotides est riche en paillettes de séricite et de biotite ; il renferme une petite quantité de quartz et beaucoup de matière charbonneuse. On y observe de longs cristaux d'andalousite (type Sainte-Brigitte), ayant environ 2^{mm} de section transversale, et de petits grains de grenat rose. La staurotide est postérieure au grenat ; elle est moulée par l'andalousite.

M. Munier-Chalmas attribue le métamorphisme de ces schistes à des filons de quartz. N'ayant pas visité moi-même ce gisement, je me contenterai de faire remarquer l'analogie que présente l'andalousite de ces schistes avec celle du type Sainte-Brigitte, décrite plus loin, et qui a été formée sous l'influence des granites. M. Barrois les considère, du reste, comme identiques au point de vue de l'origine.

Fig. 11.
Coupe mince de staurotide de Forges-Neuves. Section g^1 montrant la disposition des inclusions charbonneuses.

Pyrénées. — La staurotide est peu abondante dans cette région. Elle s'y présente très rarement en cristaux nets. Dans la plupart de ses

gisements, elle se rencontre associée à l'andalousite et au grenat dans les schistes micacés précambriens, modifiés par la granulite.

Cependant, dans le massif du pic du Midi, elle se trouve dans des schistes micacés qui ont été probablement modifiés par le granite.

Basses-Pyrénées. Les schistes cristallins granulitisés du massif du Labourd sont recouverts au sud par des schistes précambriens qui peuvent s'observer notamment d'Itsatsou à Hélette ; près du mont Baygoura, j'ai trouvé parmi eux des schistes noduleux, riches en cristaux de staurotide, de grenat, et plus rarement d'andalousite.

Les cristaux de staurotide, toujours empâtés de séricite, présentent dans les coupes minces les faces p (001), m (110), g^1 (010), a^1 (101) ; cette dernière forme est très développée, les macles sont fréquentes ; ces cristaux sont salis par de nombreuses inclusions noires. Ils rappellent, par leurs formes vues au microscope, les cristaux de Plouigneau.

Au-dessus d'Itsatsou, les mêmes schistes sont presque entièrement formés par de petites tourmalines ; la staurotide, peu polychroïque, est transformée en grandes lames de mica blanc ; ces pseudomorphoses ont été décrites plus haut (fig. 2).

Hautes-Pyrénées. M. Frossard m'a remis des échantillons d'un schiste micacé noduleux presque entièrement composé par de la staurotide et de l'andalousite cimentées par un mélange de quartz grenu et de biotite. Les cristaux de staurotide et d'andalousite sont criblés de cavités ; ce sont de véritables écumoirs ; les inclusions noires qu'ils renferment se trouvent sur le prolongement de celles du schiste. Elles montrent par leur contournement que les roches qui les contiennent ont été soumises à des phénomènes de torsion énergique.

Ces cristaux se rapportent au même type que ceux de Plouigneau ; ils en diffèrent surtout par les déformations mécaniques qu'ils ont subies. Ils sont, d'autre part, plus quartzeux et plus micacés.

Haute-Garonne. La staurotide est abondante au lac d'Espingo, ainsi que dans les schistes à séricite du lac Seculéjo (au lac d'Oo), qui sont très analogues à ceux de Baygoura.

M. Gourdon m'a communiqué un échantillon de schiste micacé de la montagne de Montauban, près Luchon, renfermant exceptionnellement un cristal net p (001), m (110) de staurotide brun-rouge foncé, associée à de l'andalousite rose également bien cristallisée, à de la tourmaline et à du grenat.

MM. Caralp et Gourdon m'ont signalé la staurotide dans les mêmes conditions dans le vallon de Burbe, sur le chemin du Portillon, reliant Bagnères-de-Luchon à Bossost; dans le massif de Superbagnères; dans la rue d'Enfer, entre la vallée du Lys et le pic de Crabioulès; au cirque de la Glère; au pic Sacroux, et enfin dans le massif de Couradille (tous ces gisements se trouvent dans le voisinage de Bagnères-de-Luchon, ils ne fournissent pas de bons cristaux); au confluent du Rioumajou et du torrent de Lustou (vallée d'Aure). Dans ce dernier gisement, M. Caralp a trouvé des cristaux présentant les macles à angle droit; les schistes à staurotide de cette région sont généralement plus anciens que ceux qui renferment l'andalousite seule.

Ariège. Dans l'Ariège, je n'ai trouvé la staurotide qu'à l'état microscopique dans les schistes micacés précambriens des environs d'Ax, et particulièrement à Savignac. On y observe des nodules atteignant la grosseur d'un œuf. Ils sont constitués par de l'andalousite, de la staurotide et de la cordiérite, formant de grandes plages dentelliformes qui moulent les grains de quartz ancien. La staurotide est le premier minéral formé. On y trouve, en outre de la tourmaline, de la biotite, etc.

Les schistes micacés qui les renferment sont riches en filons de quartz à andalousite.

Montagne Noire. — M. Bergeron a signalé (*Ann. Sc. géol.* XXII. 53. 1889) la staurotide en petits cristaux, présentant parfois les macles à 60°, dans des schistes micacés de la Montagne Noire, appartenant à la partie supérieure des micaschistes ou au précambrien. Ils semblent très analogues à ceux que je viens de signaler dans les Pyrénées. La staurotide y est également accompagnée d'andalousite.

Dans un grand nombre de points, ces minéraux sont, selon toute vraisemblance, en relation avec des filons de granulite.

Les principaux gisements à signaler se trouvent entre Lacabarède et Labastide, à la Vernière sur la rive gauche de l'Orb et surtout en Cance, près Fonbruno, au nord de Laprade.

Plateau Central. — *Haute-Loire*. La staurotide n'a jamais été signalée dans aucun gisement de la Haute-Loire. Je l'ai rencontrée dans une enclave du basalte constituant les Orgues d'Espaly. La roche englobée, presque entièrement fondue, doit être un schiste cristallin, riche en quartz (micaschiste?); on n'y observe plus qu'un peu de sillimanite et de staurotide intactes et une petite quantité de quartz en voie de fusion. L'enclave est riche en cordiérite et spinelle récents.

Puy-de-Dôme. Mossier père a signalé la staurotide dans la partie non volcanique du puy de Chanat. Cette observation n'a jamais été confirmée. Cette localité est constituée par du granite percé par un dyke de basalte ; la staurotide, si elle y a été réellement trouvée, pourrait avoir une origine analogue à celle d'Espaly.

Loire. M. Termier a signalé (*B. S. M.* XII. 393. 1889) l'existence de la staurotide dans les micaschistes au nord de Saint-Étienne. Le gisement se trouve dans un petit bois de pins qui sépare le sommet 692 (carte d'État-major) du col du Sauzet, où passe la route de Saint-Étienne à Saint-Héand, ainsi qu'aux environs de ce point ; on trouve aussi la staurotide dans les micaschistes chloriteux, en face du hameau de Mollard (sur la route de Rive-de-Gier), au réservoir de Couzon ; enfin dans les galets de micaschiste de la brèche houillère entre Saint-Priest et la Fouillouse.

Les cristaux atteignent 1 cent. ; ils présentent les formes de ceux de Bretagne. Les macles à 90° sont rares ; les macles à 60° de deux individus inégaux sont plus abondantes. Les échantillons que j'ai pu examiner, grâce à l'obligeance de M. Termier, sont très analogues à ceux des micaschistes des Maures que nous allons étudier plus loin.

La staurotide est souvent épigénisée à sa périphérie en chlorite et damourite ; elle est accompagnée de tourmaline.

Le même minéral existe dans le massif du Pilat, au milieu de chloritoschistes grenatifères à Jarnay (rive droite du Dorlay), et à Bayotte, près Grand-Croix. On la trouve aussi au milieu de ceux de la Seterie, au nord de la Tour-en-Jarrest, avec grenat et tourmaline (M. Termier).

Maures. — *Var*. Les Maures présentent un large développement de micaschistes, dans lesquels la staurotide est associée à l'andalousite, au disthène, au grenat, à la tourmaline ; ces micaschistes à minéraux sont intercalés en bancs dans des micaschistes à muscovite qui, d'après M. M. Bertrand (*feuille de Toulon de la carte géologique détaillée*), atteignent 2.000^{m} de puissance. Ces micaschistes sont métamorphisés par la granulite ; ils renferment localement des bancs de gneiss granulitiques. L'un d'eux, épais d'environ 500^{m}, sépare les micaschistes inférieurs des micaschistes supérieurs, par places riches aussi en grenat et en staurotide (Bormes), et passant insensiblement aux schistes à séricite précambriens qui les recouvrent. A la partie supérieure de ces micaschistes, on observe aux environs de Collo-

brières un lit interrompu de magnétite avec épontes de *grenat* et de *grünérite*.

Les points les plus riches en staurotide sont : les éminences entre Collobrières et l'ancienne abbaye de la Verne, le passage entre la Verne et les Campeaux, les bords de la route d'Hyères à Saint-Tropez près des Campeaux. Le Fenouillet, Bormes, les environs de la Molle, l'île du Levant, etc.

Les cristaux ont en moyenne un centimètre, mais peuvent atteindre exceptionnellement de plus grandes dimensions. On y observe les mêmes formes et mêmes combinaisons de formes que dans les cristaux bretons : les macles y sont beaucoup plus rares.

Les micaschistes qui les renferment sont très micacés (biotite et muscovite). L'examen microscopique fait voir que la staurotide en cristaux creusés de cavités, remplies par du quartz, renferme des inclusions noires ferrugineuses ou charbonneuses, ainsi que des inclusions de rutile, d'ilménite, de grenat et de tourmaline ; le mica dont l'orientation détermine la schistosité de la roche est entouré par le quartz. Quand il existe du feldspath, il est le dernier élément consolidé de la roche.

Algérie. — La staurotide existerait aux environs de Bône en petits cristaux plus ou moins écrasés dans un schiste micacé (Groth : *Miner. Samml., Strassburg*, 1878, 182).

Guyane. — L'exposition permanente des colonies renferme des échantillons de micaschistes à staurotide, provenant de la Guyane, sans indication plus précise.

DUMORTIÉRITE [1]

$Al^8Si^3O^{18}$ (Damour)

Orthorhombique : *mm* = 124° environ

Formes observées. La dumortiérite des gisements français ne se présente pas en cristaux distincts. M. E. Bertrand a montré que les faces du prisme étaient voisines de 120°. La mesure des angles plans des clivages prismatiques me fait adopter l'angle de 124° observé par M. Diller sur la dumortiérite américaine.

1. Voir *Supplément*, t. IV, 678.

Macles. Des macles analogues à celles de l'aragonite, dans lesquelles les plans des axes optiques de deux plages consécutives font des angles voisins de 60°, sont fréquentes. Il y a souvent interpénétration des sections les unes dans les autres.

Faciès. La dumortiérite ne se présente pas en cristaux nets, mais en fibres très allongées, souvent disposées en grand nombre parallèlement les unes aux autres à la façon de la sillimanite.

Clivages. Clivages généralement difficiles suivant m (110) et h^1 (100). Dans quelques échantillons, le clivage h^1 (100) est facile et il existe des plans de séparation suivant p (001).

Dureté. 7.

Densité. 3,36 (Damour).

Coloration. Bleu cobalt, bleu presque noir. M. Damour a fait remarquer que le minéral finement pulvérisé est blanc, légèrement teinté de bleu; il redevient bleu quand il est humecté d'eau.

Inclusions. La dumortiérite ne présente pas d'inclusions caractéristiques. Dans celle de Beauman, j'ai observé des inclusions à bulle mobile et du rutile.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë *négative*, perpendiculaire à p (001). Dans les macles, les plans des axes optiques de deux plages contiguës font entre eux des angles voisins de 60°. Les indices n'ont pu être mesurés à cause de la petitesse des cristaux. L'indice médian calculé d'après la loi de Gladstone est d'environ 1,65.

$$n_g - n_p = 0.010 \text{ environ.}$$

Les enchevêtrements des plages maclées et le peu de transparence du minéral rendent impossible la mesure exacte de l'écartement des axes optiques. Il est d'environ 35° à 40° (2 V) pour la lumière du sodium.

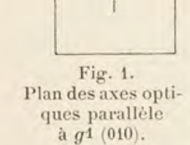


Fig. 1. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

La dispersion est énergique avec $\rho < v$.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est extrêmement énergique dans les teintes suivantes :

n_g et n_m = incolore ou bleuâtre très pâle.
n_p = bleu cobalt ou violet.

Les teintes de pléochroïsme suivant n_p sont très variables dans un même échantillon. A Brignais, quelques aiguilles présentent dans la direction de cet axe une couleur rose saumon, à peine plus rougeâtre que celle de l'andalousite.

L'axe n_p étant parallèle à l'axe vertical des aiguilles, l'absorption maximum a lieu dans la direction longitudinale, contrairement à ce qui arrive pour la tourmaline. Le fait est mis en évidence, lorsque les deux minéraux sont associés à axes parallèles (Brignais).

La dumortiérite est un des plus beaux exemples que l'on puisse citer des découvertes faites en minéralogie, grâce aux propriétés optiques. M. E. Bertrand a, en effet, signalé cette substance comme constituant une espèce nouvelle, avant que l'on ait pu en recueillir une quantité suffisante pour une analyse chimique.

Le même observateur a signalé l'existence du phénomène des houppes à travers les plaques perpendiculaires à un axe optique.

Nous avons trouvé, M. Michel Lévy et moi, des auréoles pléochroïques jaunes, extrêmement intenses, développées dans la cordiérite de Tvedestrand (Norvège), autour d'inclusions de dumortiérite (*C. R.* CVI. 1546).

Composition chimique. La formule donnée plus haut est celle à laquelle conduit l'analyse suivante de la dumortiérite de Beauman, due à M. Damour (*B. S. M.* IV. 6. 1881).

SiO^2	29.85
Al^2O^3	66.02
Fe^2O^3	1.01
MgO	0.45
Perte par calcination	2.25
	99.58

Le minéral essayé n'a pas présenté la petite quantité d'acide borique signalée récemment dans la dumortiérite des gisements américains,

D'après M. Damour, la couleur bleue du minéral serait peut-être due à des traces de Ti^2O^3 dont la présence n'a pu être démontrée avec certitude.

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau. Dans le matras, la dumortiérite ne dégage pas d'eau et reste bleue. Au rouge blanc, elle se décolore. Réduite alors en poudre fine, puis humectée de nitrate de

cobalt et chauffée à haute température, elle donne la couleur bleue caractéristique de l'alumine.

Fondue avec le sel de phosphore, elle se dissout lentement, en donnant à la perle une teinte opaline bleuâtre (Ti^2O^3? Damour).

Altérations. Quand on examine des lames minces taillées dans des aiguilles de dumortiérite, on remarque qu'elles sont souvent entourées d'une gaine de mica blanc qui les épigénise peu à peu. La marche de cette transformation est la même que celle que nous avons constatée pour la staurotide, et qui est très fréquente dans l'andalousite.

Diagnostic. La couleur bleue de la dumortiérite pourrait la faire confondre avec le disthène ou avec les amphiboles bleues (glaucophane ou crocidolite), mais ses propriétés optiques et particulièrement son pléochroïsme intense sont suffisants pour rendre son diagnostic très facile.

Sa résistance à l'action de l'acide fluorhydrique permet aisément de séparer ce minéral des roches qui le renferment.

Gisements et associations. La dumortiérite ne se trouve en France que dans les environs de Lyon (Rhône). Elle y forme de petites fibres bleues au milieu des filonnets et des glandules de granulite ou de pegmatite des gneiss.

M. Gonnard l'a rencontrée pour la première fois sur un tas de pierres, à Chaponost, l'échantillon fut étudié par M. E. Bertrand, qui signala ce minéral nouveau (*B. S. M.* III. 171. 1880). M. Gonnard la trouva en place l'année suivante, près des aqueducs de Beaunan, dans une petite carrière de gneiss, située au premier coude de la route d'Oullins à Chaponost (non loin de la fabrique Ducarre). Il proposa pour la nouvelle substance le nom de dumortiérite, en l'honneur du paléontologiste lyonnais, E. Dumortier (*B. S. M.* IV. 2. 1881). M. Damour en fixa la composition (*Id.* 6).

La dumortiérite est accompagnée de tourmaline bacillaire et d'apatite dans le gisement de Beaunan. [Ce nom est quelquefois orthographié Beaunant, Bonnand (Carte d'État-major)].

Plus récemment, M. Gonnard a signalé (*B. S. M.* XI. X. 64. 1888) le même minéral dans une pegmatite de Brignais (au milieu d'une carrière ouverte dans la propriété de la colonie pénitentiaire). Il s'y trouve avec des pseudomorphoses micacées de cordiérite. Cette asso-

ciation est donc analogue à celle que nous avons signalée, M. Michel Lévy et moi, à Tvedestrand (Norvège).

Dans les échantillons de Brignais que j'ai eus entre les mains, grâce à l'obligeance du frère Euthyme, les fibres de dumortiérite sont extrêmement petites et disséminées dans une pegmatite blanche. Elles sont moulées par de la tourmaline bleuâtre. L'axe vertical des deux minéraux coïncide. La dumortiérite de ce gisement présente en lames minces les variations de couleur signalées plus haut. Les pseudomorphoses micacées sont fréquentes.

CALAMINE[1]

$Zn^3\ H^2\ Si\ O^5$

Orthorhombique (hémimorphe) : $mm = 104°13'$ (Dx.)

$b : h = 1000 : 376,127$. $D = 789,158$. $d = 614,190$

$[a : b : c = 0,77828 : 1 : 0,47636]$

Formes observées. m (110), g^1 (010), p (001), a^1 (101), $a^{1/2}$ (201). Les cristaux que j'ai eus entre les mains sont toujours très petits et ne peuvent être mesurés exactement. J'ai dû me contenter de mesurer les angles plans de la face g^1 (010), suivant laquelle les cristaux sont toujours très aplatis, et ceux de la face p (001) obtenue artificiellement.

	angles calculés		angles calculés		angles calculés
mm	104°13′	$p\ a^1$	148°31′	$p\ a^{1/2}$	129°14′
mg^1	127° 53′ 30″	a^1a^1	117°12′	$a^{1/2}a^{1/2}$	78°28′

Faciès. Les cristaux de calamine de nos gisements sont toujours allongés suivant l'axe vertical, et très aplatis suivant g^1 (010) ; cette face est, en outre, très fréquemment striée parallèlement à l'axe vertical ; les faces m (110) existent toujours.

L'hémimorphisme propre à cette substance est difficile à constater, les petites aiguilles étant groupées en faisceaux et rarement pourvues de leurs deux extrémités. Dans un des gisements pyrénéens, j'ai pu observer un cristal terminé à l'une des extrémités par une large face

1. Voir *Supplément*, t. IV, 675.

p (001), avec $a^{1/2}$ (201), tandis que l'autre extrémité présentait seulement les faces a^1. Je n'ai jamais trouvé la forme e_3 (121) si fréquente dans les cristaux de la Vieille-Montagne.

La calamine forme souvent des masses concrétionnées fibreuses, stalactiformes ou même massives et granulaires.

Clivages. Clivages parfaits suivant m (110), faciles suivant a^1 (101), difficile suivant p (001).

Dureté. 5. Fragile.

Densité. 3.35 à 3.5. — 3.42, les Argentières.

Coloration. Incolore, blanche, grise, jaune, jaune d'or (voir inclusions), brune, verte. Éclat vitreux, légèrement adamantin suivant g^1 (010). Poussière blanche.

Inclusions. Dans une calamine de Pierrefitte, j'ai trouvé des inclusions de sulfure de cadmium pulvérulent colorant le minéral en jaune bouton d'or. Elles sont distribuées à la surface des croûtes cristallines de calamine qui sont incolores intérieurement.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques, parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë *positive* normale à p (001). M. des Cloizeaux a mesuré les indices de réfraction suivants sur les cristaux d'Altenberg (jaune) :

$n_g = 1.635$
$n_m = 1.618$
$n_p = 1.615$

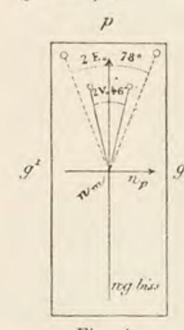


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100).

J'ai mesuré les écartements d'axes suivants sur des cristaux extrêmement petits (lumière du sodium) :

	Les Argentières	Katzenthal.
2 **E** =	78°	80°
d'où		
2 **V** =	45°47′	47°20′

La dispersion est très forte avec $\rho > \nu$.

Propriétés électriques. Pyroélectrique ; le pôle *analogue* se trouve à l'extrémité terminée par p (001), a^1 (101) et le pôle *antilogue* à l'extrémité où domine e_3 (121). (Cristaux de la Vieille-Montagne).

Phosphorescence. La calamine est phosphorescente par le frottement.

Composition chimique. Les seuls cristaux que j'ai pu analyser sont ceux des Argentières.

SiO^2......	24.95
ZnO......	67.25
H^2O......	7.83
	100.03

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, la calamine se gonfle, jette un éclat très vif avec lueur verdâtre et fond très difficilement sur les bords. Chauffée avec le nitrate de cobalt au feu d'oxydation, elle devient verte. Dans le tube fermé, elle blanchit et dégage de l'eau. Elle est soluble dans les acides en faisant gelée.

Diagnostic. L'hémimorphisme des cristaux lorsqu'ils sont complets, l'éclat nacré suivant g^1, les propriétés optiques (notamment la forte dispersion) et les caractères chimiques permettent aisément de distinguer la calamine.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La calamine accompagne la blende dans un grand nombre de gisements, soit quand elle est filonnienne, soit quand elle forme des amas dans les terrains stratifiés et particulièrement dans les calcaires.

On sait que les mineurs désignent généralement sous le nom de *calamine*, non pas seulement le silicate de zinc que nous étudions ici, mais encore le mélange de carbonate, hydrocarbonate, silicate et hydrosilicate de zinc.

Pyrénées. — La calamine n'est pas rare dans les gisements de blende des Pyrénées. Ces derniers sont constitués par des filons dans les schistes et calcaires paléozoïques. Elle se présente rarement en cristaux distincts.

Basses-Pyrénées. On la rencontre au-dessus des Eaux-Bonnes, aux mines d'Anglas et d'Ar.

Hautes-Pyrénées. J'ai trouvé, il y a plusieurs années (*B. S. M.* VII. 463. 1884), dans les mines de Pierrefitte, des croûtes cristallines de calamine, ayant environ 1^{mm} d'épaisseur, dont la partie superficielle est colorée en jaune citron par du sulfure de cadmium

pulvérulent (*greenockite*). Cette calamine constitue de superbes échantillons sur lesquels on voit de très petites facettes p (001) et $a^n(h\ 0\ l)$ souvent courbes sur lesquelles il est impossible de faire des mesures même approximatives.

M. Frossard a trouvé le même minéral à Bourg-Bigorre, près Bagnères.

Haute-Garonne. M. Gourdon m'a signalé la calamine dans un petit filon de galène, trouvé autrefois dans les schistes paléozoïques de Moustajon et de la montagne de Barcugnas.

Ariège. Picot de Lapeyrouse a décrit de jolis cristaux de calamine bleus, blancs ou jaunes, provenant du filon de Laquorre, au-dessus d'Aulus ; ils ont été trouvés en 1782 avec blende, quartz et fluorine bleue, etc. J'ai rencontré ce minéral sur les haldes de cette mine, abandonnée aujourd'hui, ainsi que sur celles des Argentières, à quelque distance de là, du côté du port de Saleix.

Les cristaux lamellaires suivant g^1 n'ont que 3 ou 4^{mm} de longueur. Ils sont blanc nacré et présentent des formes variées : p (001), m (110), g^1 (010) accompagnées souvent de $a^{1/2}$ (201) à leur extrémité libre. Je n'ai pu isoler que rarement des cristaux offrant leurs deux extrémités. On peut alors constater très nettement l'hémimorphisme de la substance ; la seconde extrémité est formée par les faces a^1 (101) très développées, avec parfois des traces de p (001). Assez souvent, un cristal primitivement terminé par p (001) seul, est surmonté d'une série de petites lamelles présentant les faces p (001) et $a^{1/2}$ (201) ; elles s'entrepénètrent pour compléter le cristal. La partie supérieure de la face g^1 (010) est fortement cannelée et irrégulière, alors que la partie inférieure est très unie (fig. 2).

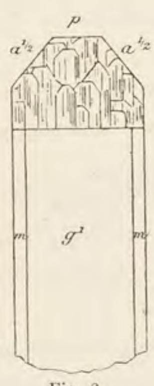


Fig. 2.

M. Caralp m'a indiqué la calamine concrétionnée avec galène et blende dans les mines de Sentein.

Cévennes. — *Gard et Hérault*. Dans cette région, il existe beaucoup de gisements calaminaires dont quelques-uns donnent lieu à de fructueuses exploitations. Il faut citer particulièrement ceux des environs de Ganges (*Hérault*) et du Vigan (*Gard*) ; ceux de Malines sont les plus riches.

A ma connaissance, on n'y a pas trouvé de cristaux de calamine ; le

minerai exploité est surtout constitué par des carbonates anhydres ou hydratés (qui seront étudiés dans le 2e volume de cet ouvrage), accompagnés de galène et de blende. Ces gîtes constituent des amas dans les calcaires dolomitiques jurassiques, d'après les renseignements qu'a bien voulu me fournir M. Garreau.

Lot. M. des Cloizeaux a signalé (*op. cit.*, 538) l'existence de calamine amorphe aux environs de Figeac.

[**Alsace**]. — M. Daubrée a indiqué (*Descrip. géol. minér. du Bas-Rhin*, 1852, 425) l'existence de la calamine dans les filons plombifères, perçant les grès vosgiens du Katzenthal, près Lembach ; elle y est accompagnée de *smithsonite*, de *cérusite*, d'*anglésite*, de *pyromorphite*, etc.

La collection de l'*École des Mines* renferme un échantillon de calamine, provenant de ce gisement. Une géode est tapissée de petits cristaux blancs d'environ 5mm de plus grande dimension. Ils sont tabulaires suivant g^1 (010) et allongés suivant la zone verticale, dont les faces sont profondément cannelées ; les faces *m* (110) sont très réduites.

Les faces du sommet ne sont pas brillantes et n'ont pu être mesurées autrement qu'au microscope. Les cristaux toujours implantés de la même façon, sur leur gangue, présentent à leur extrémité libre *p* (001), accompagné de a^1 (101) avec ou sans $a^{1/2}$; plus rarement, cette dernière face existe seule.

Le même minéral a été trouvé dans la mine de Fluss-Grub, à Ste-Marie-aux-Mines, en petites aiguilles dans limonite. (Delbos et Köchlin. *Descr. géol. et min. du Haut-Rhin.*)

[**Belgique**]. — A l'extrémité de l'Ardenne belge et à la frontière allemande (aux environs d'Aix-la-Chapelle) se trouvent des gisements calaminaires célèbres, ceux de la Vieille-Montagne (Altenberg), à Moresnet. Bien que ces gisements soient en dehors des limites que je me suis assigné pour cet ouvrage, j'énumèrerai ici les principales formes de calamine que l'on y rencontre. Ces cristaux, en effet, sont classiques, ils se trouvent dans toutes les collections et permettent de se rendre compte des propriétés de cette espèce, mieux que les échantillons rares et pauvres en faces que l'on rencontre en France. Pour les valeurs des angles, je renvoie au Manuel de M. des Cloizeaux (I. 117). Je lui ai emprunté les figures 3, 6 et 7. Trois courtes notes plus récentes seront, en outre, consultées avec fruit (Seligmann : *Z. K.* I. 342 (les figures 4 et 5 sont reproduites d'après cet auteur) ; Cesàro (*B. S. M.* IX. 242. 1886). Schulze, *Mitth. d. Naturwiss. Ver. f. Neuvorpommern*, 1886).

Les faces observées sont les suivantes :

m (110), h^1 (100), g^1 (010), $g^{3/2}$ (150), $g^{11/7}$ (290), g^2 (130), g^3 (120) ;

p (001), a^6 (106), a^3 (103), $a^{5/2}$ (205), a^2 (102), a^1 (101), $a^{3/4}$ (403), $a^{1/2}$ (201), $a^{1/3}$ (301) ;

e^8 (018), e^2 (012), $e^{11/5}$ (0.5.11), e^1 (011), $e^{2/3}$ (032), $e^{3/5}$ (053), $e^{4/7}$ (074), $e^{1/2}$ (021), $e^{1/3}$ (031), $e^{1/5}$ (051), $e^{1/7}$ (071) ;

b^1 (112), $b^{1/2}$ (111), $b^{2/3}$ (334), $b^{1/3}$ (332) ;

a_3 (211), a_5 (321), a_7 (431) ;

$e_{5/3}(b^{1/3}b^{1/5}g^{1/3})$ (143), e_2 (132), e_3 (121), e_5 (231) ;

$\sigma = (b^{1/3}b^{1/4}g^1)$ (172), $x = (b^{1/3}b^{1/5}g^1)$ (141), $\tau = (b^{1/11}b^{1/3}g^1)$ (471) ; $z = (b^{1/5}b^{1/7}g^{1/3})$ (163).

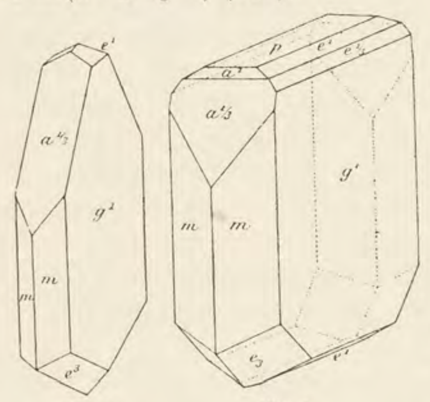


Fig. 3. Calamine de la Vieille-Montagne.

Fig. 4. Calamine de la Vieille-Montagne.

La plupart de ces faces, sauf bien entendu celles de la zone verticale, sont fréquemment hémièdres.

Les cristaux sont en général aplatis suivant g^1 (010) ; cette face est striée parallèlement à l'axe vertical comme dans les cristaux des gisements étudiés plus haut, mais ils sont plus épais et souvent transparents et hyalins.

Les figures 3, 4 et 5 représentent le développement habituel des cristaux implantés sur leur gangue par l'extrémité terminée par e_3 (121) ; elles montrent, en outre, que le pôle analogue est le plus riche en faces.

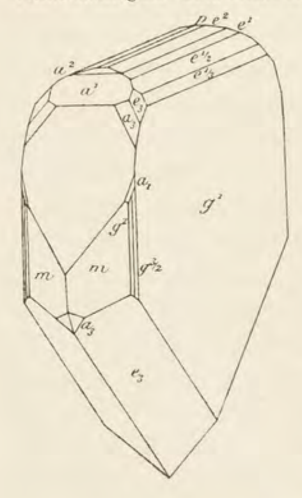


Fig. 5. Calamine de la Vieille-Montagne.

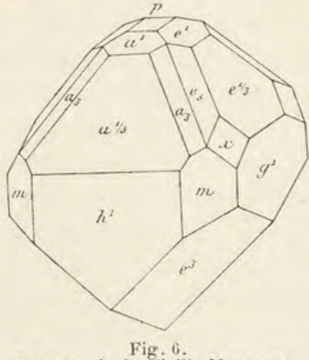


Fig. 6. Calamine de la Vieille-Montagne.

Plus rarement, les faces h^1 (100) et g^1 (010) sont également développées ; les cristaux ne sont pas aplatis et présentent la forme représentée par la figure 6.

Enfin, il y a lieu de signaler les groupements suivant p (001) de deux cristaux, dans

lesquels les extrémités de même forme sont contiguës (fig. 7). La calamine de la Vieille-Montagne est accompagnée de *willémite*, de *smithsonite*, etc.

Algérie. — D'après les renseignements qu'a bien voulu me fournir M. Pouyanne, il existe d'assez nombreux gisements calaminaires dans les trois départements de l'Algérie ; ils semblent surtout constitués par des carbonates et des sulfures. Cependant M. Flamand m'a dit avoir recueilli des cristaux de calamine dans quelques-uns d'entre eux.

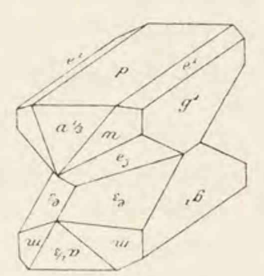


Fig. 7.
Groupement suivant p (001) (Vieille-Montagne).

N'ayant eu l'occasion d'étudier aucun échantillon de calamine de cette région, je me bornerai à cette citation. S'il y a lieu, je comblerai cette lacune à la suite de la description des carbonates de zinc.

Tunisie. — Je dois à l'obligeance de M. de Mauroi un échantillon, indiqué comme provenant de Djebel Ressas, à 25 kilom. de Tunis. Il consiste en une galène caverneuse tapissée de cristaux de calcite, de cérusite, de calamine, etc. Les cristaux de calamine sont très groupés ; ils ne sont pas mesurables ; leurs faces sont arrondies ; ils présentent les formes $mg^1\ a^n\ e^n$.

ANDALOUSITE[1]

$Al^2\ Si\ O^5$

Orthorhombique : $mm = 90°\,48'$ (Dx.)

$b : h = 1000 : 499{,}904$. $D = 711{,}617$. $d = 702{,}567$

$[a : b : c = 0{,}98613 : 1 : 0{,}70238]$

Formes observées. p (001), m (110), h^1 (100), h^3 (210), g^1 (010) ; a^1 (101) ; e^1 (011) ; e_3 (121).

Les angles ne pouvant être mesurés que très imparfaitement, je ne donnerai que les angles calculés :

mm	90°48′	$p\,a^1$	144°32′	$m\,a^1$ (adj.)	114°24′
$m\,h^1$ (sur p)	135°24′	$p\,h^1$	90°	$m\,e^1$	113°48′
$m\,g^1$	134°36′	$a^1\,a^1$	109°4′		
$m\,h^3$	161°39′	$p\,e^1$	144°55′	$p\,e_3$	122°24′30″
h^3h^3 (sur h^1)	127°30′	$p\,g^1$	90°		
$h^3\,g^1$	116°15′	$e^1\,e^1$ (sur p)	109°50′		

1. Voir *Supplément*, t. IV, 676.

Faciès des cristaux. Les cristaux sont toujours allongés suivant l'axe vertical. Dans la variété désignée sous le nom de *chiastolite*, l'allongement est parfois extrêmement grand, les cristaux prennent alors l'aspect de longues baguettes quadratiques.

Déformations mécaniques. Les cristaux d'andalousite des pegmatites et filons de quartz sont parfois brisés et ressoudés par le quartz ; ils sont quelquefois tordus, et les phénomènes de transformation micacée sont fréquents dans les cristaux ainsi déformés. L'andalousite des schistes métamorphiques des Pyrénées présente souvent aussi des phénomènes de torsion et d'écrasement très énergiques.

Clivages. Clivages faciles suivant m (110) ; à peine appréciables suivant h^1 (100) et g^1 (010).

Dureté. 7 environ. L'andalousite présente souvent une dureté moindre, due à une transformation partielle en produits micacés.

Densité. 3.1 à 3.2. Les différences de densité peuvent s'expliquer de la même façon. Durocher a donné pour l'andalousite des Salles de Rohan (voir chiastolite, dont il sera parlé plus loin) 3.087 pour les parties vitreuses, et 2.985 pour celles qui renferment des inclusions charbonneuses.

Coloration. L'andalousite intacte des gisements français est ordinairement d'un beau rose un peu violacé, parfois rose fleur de pêcher ; les variétés grises ou noires sont généralement en voie de transformation micacée. L'andalousite des schistes paléozoïques (*chiastolite*) est soit jaune ou rose pâle, soit noire, grâce à des inclusions charbonneuses qui vont être étudiées.

Éclat vitreux, poussière blanche. Les cristaux de nos gisements sont généralement transparents sur une épaisseur d'un demi-millimètre.

Inclusions. L'andalousite des granulites, des pegmatites et des roches modifiées par elles est pauvre en inclusions. Elle englobe, dans des cas assez rares, de la staurotide, du grenat, du corindon.

Quant à l'andalousite développée par le granite dans les schistes paléozoïques, elle renferme des inclusions charbonneuses, distribuées régulièrement, qui l'ont fait pendant longtemps considérer comme une espèce spéciale.

Remarqué depuis de longues années par les anciens auteurs, ce minéral a été longuement décrit sous le nom de *macle* par de Robien

(*Nouvelles Idées sur la formation des Fossiles*. Paris. 1751. 108); Romé de l'Isle (*op. cit.* II. 440) en a fait sa seconde variété de *schorl cruciforme* et l'a désignée sous le nom de *macle basaltique*.

Haüy (*op. cit.* III. 367) adopta le nom de *macle*. Karsten proposa plus tard celui de *chiastolite*, qui est assez généralement employé aujourd'hui.

Durocher a montré que ces inclusions noires étaient constituées par la matière charbonneuse des schistes renfermant ces cristaux. Elles possèdent parfois la même orientation que dans le schiste ambiant.

Les figures 1 à 5 représentent des sections basiques d'andalousite et font voir les principales dispositions qu'y prend cette matière charbonneuse.

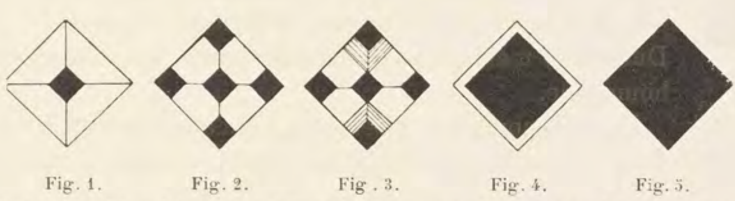


Fig. 1 à 5.— Disposition des inclusions charbo nneuses dans l'andalousite (*chiastolite*).

Haüy a donné à chacune d'elles des noms spéciaux, les appelant : *macle tetagramme* (fig. 1), *pentarhombique* (fig. 2), *polygramme* (fig. 3), *circonscrite* (fig. 4). Quant à la figure 5, elle représente la disposition que de Charpentier a désignée sous le nom de *monochrome*.

Des sections parallèles à une face du prisme montrent que le pigment noir est disposé dans le cristal d'andalousite, non pas sous la forme d'un prisme, mais sous celle d'une pyramide très aiguë. On s'explique, dès lors, les figures différentes montrées par les sections basiques, taillées en série dans un même échantillon (fig. 6).

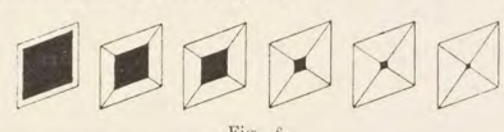


Fig. 6.

Sections transversales d'un cristal d'andalousite (chiastolite) des Salles de Rohan (grandeur naturelle).

La figure 7 représente un cristal des Salles de Rohan, dont les deux extrémités possèdent la même disposition des inclusions. Elles constituent, à l'intérieur du cristal, deux pyramides aiguës, se réunissant au milieu du prisme qui les renferme.

Cette curieuse disposition des inclusions a attiré au plus haut point l'attention des anciens auteurs, qui ont émis au sujet des cristaux de chiastolite les idées les plus étranges. En 1810, Bigot de Morogues avançait encore l'hypothèse que ces cristaux n'étaient autre chose que des polypes fossiles.

Dans le mémoire cité à l'occasion de la staurotide, le président de Robien a fort bien décrit et figuré ces inclusions, et il compare les cristaux de chiastolite aux trémies du sel gemme. La matière noire était, d'après lui, le produit du remplissage de cavités régulières, ayant une origine analogue à celle du minéral précédent.

Les études optiques, et particulièrement celles de M. des Cloizeaux, ont montré que les cristaux en question n'étaient pas des macles de plusieurs individus, comme le croyait Durocher, mais qu'ils possédaient une orientation optique homogène.

Fig. 7. Section longitudinale d'un cristal des Salles de Rohan.

Dans de nombreux gisements, l'andalousite s'est développée dans des roches sédimentaires quartzifères et a englobé un grand nombre de grains de quartz. Elle présente alors une structure analogue à celle du cristal de staurotide représenté par la fig. 8, p. 10 ; elle constitue des sortes d'éponges cristallines.

L'andalousite d'un grand nombre de gisements peut, en outre, renfermer des inclusions de rutile, de tourmaline, etc., qui n'ont rien de spécial dans leur distribution.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). La bissectrice aiguë *négative* est normale à p (001).

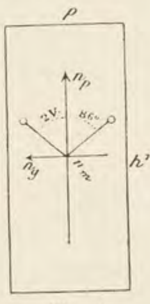


Fig. 8. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

M. des Cloizeaux a obtenu les valeurs suivantes pour les indices de réfraction de l'andalousite transparente du Brésil (rayons rouges) :

$$n_g = 1.643$$
$$n_m = 1.638$$
$$n_p = 1.632$$

La biréfringence maximum est de :

$n_g - n_p = 0.011$ (moyenne de plusieurs mesures).

Il n'existe pas de dispersion appréciable.

L'écartement des axes est très grand. J'ai obtenu les valeurs suivantes par la mesure de 2 *d* :

	ANDALOUSITE ROSE		CHIASTOLITE		
	Sem.	Saint-Allouestre.	Morlaix.	Salles de Rohan.	Forges-Neuves.
2 **V** =	85°	84°	84°	85°	83°

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est assez variable, non seulement dans les cristaux d'un même gisement, mais encore dans les diverses parties d'un même cristal. La partie centrale des cristaux est souvent plus colorée que la périphérie.

En lames minces, on observe :

n_g = } incolore ou jaune très pâle.
n_m = }
n_p = rose saumon

Les lames basiques de $0^{mm}5$ à 1^{mm} des andalousites étudiées plus haut ne donnent pas de pléochroïsme sensible.

Les sections épaisses perpendiculaires à un axe optique montrent le phénomène des houppes.

Groupements réguliers d'andalousite et sillimanite. J'ai décrit (*B. S. M.* XI. 150. 1888) des groupements réguliers d'andalousite et de sillimanite que j'ai observés tout d'abord sur des échantillons de Ceylan et que j'ai trouvés ensuite en Bretagne et dans les Pyrénées. Dans ces groupements, les axes cristallographiques des deux minéraux coïncident, ce qui s'explique par les valeurs voisines de leurs paramètres. Il est facile d'étudier ces groupements, grâce à la différence de quelques-unes des propriétés des deux minéraux, et particulièrement de leurs clivages (*m* (110)

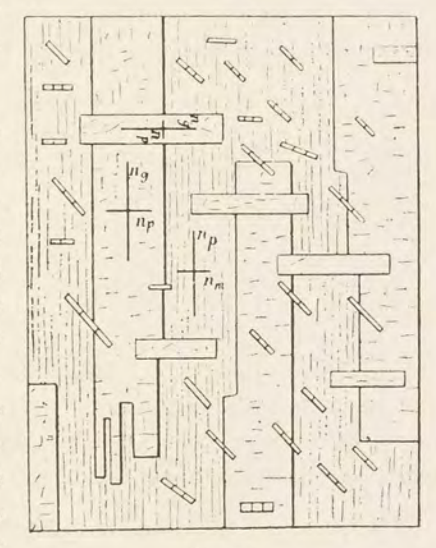


Fig. 9.
Section h^1 (100) d'un groupement d'andalousite reconnaissable à ses clivages longitudinaux et de sillimanite.

dans l'andalousite, h^1 (100) dans la sillimanite). Le clivage nacré de ce dernier minéral se remarque tout particulièrement.

Si l'on taille une lame suivant h^1 (100) de l'assemblage (fig. 9), on constate la différence des propriétés optiques. La sillimanite incolore est parallèle à son clivage et au plan des axes optiques ($n_g - n_p = 0.021$) ; son allongement est positif. L'andalousite est perpendiculaire à la bissectrice obtuse ($n_m - n_p = 0.06$) ; l'allongement est négatif et le pléochroïsme net (rose suivant n_p).

La sillimanite est souvent, en outre, groupée à 90° et à 45° avec elle-même et avec l'andalousite.

Composition chimique. L'andalousite soigneusement purifiée de toutes ses inclusions et de tous ses produits d'altération donne sensiblement la composition théorique représentée par la formule citée plus haut.

Analyses :

a) de la haute vallé de Sem (Lx.).

b) de l'andalousite de Bône, par M. Renou (voir aux gisements).

c) de Rancié (erratique) pseudomorphose micacée par Bischof (*Chem. geol.* II. 518).

d) de Bretagne par Arfvedson (chiastolite pseudomorphosée en produits micacés) (*Berzelius Jahresb.* 1830. 205).

SiO^2	37.11	36.6	59.01	46.3
Al^2O^3	62.17	61.9	26.56	36.0
Fe^2O^3	0.48	»	6.63	2.6
MgO	»	»	3.64	2.7
K^2O	»	»	alcalis 4.16	11.3
H^2O	»	»	perte 2.40	1.1
	99.76	98.5	102.40	100.0

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau. L'andalousite pulvérisée et chauffée après avoir été humectée de nitrate de cobalt prend une belle couleur bleu (*alumine*). Elle est inattaquable par les acides, même par l'acide fluorhydrique.

Altérations. L'andalousite subit des altérations fréquentes en mica blanc (*damourite*). Ces altérations commencent généralement par la périphérie (fig. 10), elles se prolongent suivant les cassures et finissent souvent par transformer le minéral en un agrégat de fines paillettes

micacées, rappelant comme structure les pseudomorphoses de cordiérite (*pinite*).

Cette altération s'observe dans toutes les variétés d'andalousite. C'est à elle que sont dues les variations de dureté signalées dans les échantillons de certains gisements. Les analyses (*c*) et (*d*) données plus haut se rapportent à des pseudomorphoses de ce genre.



Fig. 10.
Section *p* (001) d'andalousite (chiastolite) avec inclusions charbonneuses et transformation périphérique en damourite (grossis. 4 diam.).

J'ai trouvé un mode nouveau de transformation de l'andalousite dans des fragments de gneiss granulitique, enclavés dans les trachytes du Plateau Central.

On voit les cristaux d'andalousite se transformer progressivement en un mélange de cristallites de corindon et d'octaèdres verts de spinelle (fig. 11). Par places, les cristaux récents deviennent plus rares autour d'un gros cristal de même substance. Il se produit en même temps des aiguilles de rutile et des feldspaths grenus récents.

Toutes ces modifications sont dues à l'action qu'exercent sur le gneiss les fluides minéralisateurs apportés par la roche volcanique. Elles sont très développées dans les enclaves des trachytes de plusieurs gisements de l'Eifel et du Siebengebirge.



Fig. 11.
Transformation d'andalousite (*a*) en un mélange de corindon (*e*) cristallitique et de spinelle (enclave gneissique des trachytes du Lioran.)

Diagnostic. La couleur rose, les formes cristallines, les deux clivages prismatiques, voisins de 90°, constituent de bons caractères pour la distinction macroscopique de l'andalousite.

Les formes et les inclusions charbonneuses, régulièrement distribuées, différencient l'andalousite (*chiastolite*) des schistes paléozoïques métamorphisés.

En lames minces, ce sont également les formes, les propriétés inhérentes aux minéraux rhombiques, les clivages prismatiques très fins, le signe négatif de l'allongement et de la bissectrice aiguë,

le pléochroïsme dans les teintes roses, joints à la biréfringence faible, qui caractérisent l'andalousite et permettent de la distinguer de la sillimanite avec laquelle elle est souvent associée et qui possède à peu près la même réfringence.

L'andalousite peut être facilement isolée des roches par l'acide fluorhydrique qui la laisse intacte ; elle surnage dans l'iodure de méthylène.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'andalousite se rencontre dans des gisements variés, et présente dans chacun d'eux des formes caractéristiques. On l'observe :

1° Dans les roches éruptives granulitiques et dans les roches schisteuses modifiées par elles ;

2° Dans les schistes paléozoïques métamorphisés par le granite. (Variété *chiastolite*.)

1° *Dans les roches granulitiques et les schistes modifiés par elles.*

a) *Dans les pegmatites et les filons de quartz.*

Les plus beaux cristaux d'andalousite se rencontrent dans les filons de quartz et les pegmatites. La région française qui, à ce point de vue, mérite de devenir classique, est l'Ariège. J'ai fait voir déjà (*C. R.* 1892) que l'andalousite s'y rencontre en cristaux quelquefois volumineux, mais généralement peu nets dans les pegmatites des gneiss ; plus haut, dans la série géologique, on la trouve dans les lentilles et les filons de quartz (dérivant des pegmatites par disparition progressive des feldspaths) des schistes micacés précambriens.

Les cristaux d'andalousite sont d'autant plus nets qu'ils se trouvent dans des roches plus pauvres en feldspath ; les cristaux riches en faces se rencontrent presque exclusivement dans les filons ou nodules de quartz. Ils atteignent parfois 10 cent. de plus grande dimension, formant souvent des agglomérations d'un grand nombre de cristaux. Ils sont associés à de grands cristaux de cordiérite pseudomorphosés (Pyrénées, Bretagne), à de la tourmaline en houppes soyeuses, noires (Pyrénées, Bretagne), quelquefois à du disthène (Bretagne), etc.

Cette andalousite rose, parfois translucide, est fréquemment accompagnée de damourite et de divers produits micacés formés en partie à ses dépens.

Normandie. — *Calvados*. La collection géologique du *Muséum d'histoire naturelle* renferme des échantillons d'andalousite en gros cristaux (*p m*) engagés dans une pegmatite de la carrière de la Bellière, à 1 kilom. environ de Vire. Ils sont accompagnés de pseudomorphoses micacées de cordiérite.

Bretagne. — *Côtes-du-Nord*. Cristaux roses dans le quartz des schistes (précambriens ?) de Roc-Eas, entre Lanmeur et Lannion.

Morbihan. Des cristaux *p* (001) *m* (110) d'andalousite rose atteignant 5 cent. suivant l'axe vertical se trouvent dans les pegmatites de Saint-Allouestre. Ce minéral forme aussi des masses bacillaires de volume plus ou moins considérable. Il est généralement pénétré de mica blanc, et parfois complètement pseudomorphisé par ce dernier minéral. Il est accompagné de tourmaline et de disthène.

On peut encore citer le Pont de Resteligan, à 4 kilomètres du Faouet (dans pegmatites à muscovite), et les environs de Plouay, qui fournissent des cristaux analogues, rarement nets.

Loire-Inférieure. Les environs de Nantes sont riches en andalousite en cristaux *p* (001) *m* (110), souvent de grande taille et pseudomorphisés en damourite. Elle se trouve dans des filons ou des nodules quartzeux des micaschistes granulitiques. A Nantes même, on peut citer le vieux gisement des douves Saint-Nicolas ; M. Baret en a trouvé de beaux cristaux à Loquidy, près l'octroi de l'Écusson (avec pseudomorphoses micacées de cordiérite), au Pont du Cens (masses cylindroïdes roses de grande dimension). De beaux cristaux vitreux roses ont été rencontrés dans des micaschistes au Pont de la Tortière, à Petit-Port (pseudomorphoses micacées), etc.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. Grands cristaux rouges dans filons de quartz ou de pegmatite à Loudervielle, à Pouchergues et au port de Peyresourde (vallée de Louron), dans la gorge du port de la Pez, dans la vallée de Lesponne (M. Frossard) ; à Arbas, dans les pegmatites du massif de Soulan.

Haute-Garonne. Gros cristaux rosés, généralement corrodés et pseudomorphisés, dans les pegmatites de la Coume de Nère (vallée du Lys), dans celles de la montagne de Crabioulès et de Clarabide, et au-dessous de la cascade d'Enfer près Luchon, de Lez près Saint-Béat, etc. M. Gourdon l'a rencontrée dans les mêmes conditions

au pic de Montludo (val d'Arran) [Espagne], M. Caralp me l'a signalée dans les pegmatites, à l'ouest de Lès, dans la même région.

Ariège. L'andalousite est extrêmement fréquente en beaux cristaux dans les filons et les amandes de quartz des schistes micacés précambriens de l'Ariège. Aussi me contenterai-je de signaler quelques-uns des gisements qui m'ont fourni les cristaux les plus nets : environs de Caplong, au nord-est de Massat ; environs de Ganac ; dans le massif du pic de Saint-Barthélemy, au-dessous de Croquier, le pic de la Lauzatte, le mont Fourcat. Au-dessus du col d'Aigotorto, sur le flanc de ce dernier pic, j'ai trouvé avec d'énormes cristaux de cordiérite (praséolite) de très jolis cristaux d'andalousite rose pâle, translucides, présentant les formes p (001) m (110) e^1 (011) (fig. 13) ; cette dernière face est souvent très développée, on observe aussi quelquefois a^1 (101) (fig. 14).


Fig. 12.
Andalousite sur quartz.

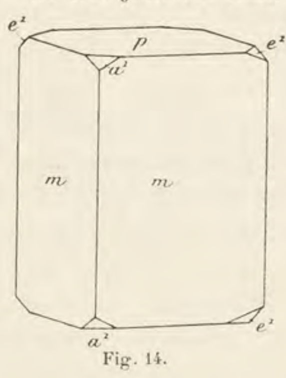


Fig. 14.

Fig. 13.

Dans la vallée de l'Ariège, depuis Savignac jusqu'à Ax et Ascou, ce minéral est extrêmement abondant. Dans une petite carrière, située au delà du village d'Ascou, j'ai trouvé de beaux cristaux, implantés sur les parois du schiste micacé, avec leurs sommets engagés dans le quartz ; les cristaux sont fréquemment transformés en damourite et présentent alors une couleur noirâtre. La base manque assez souvent ; dans ce cas, les cristaux sont terminés par e^1 (011) (fig. 15) ou par e^1a^1 (101) (fig. 16), quelques-uns d'entre eux atteignent 15 cent. de plus grande

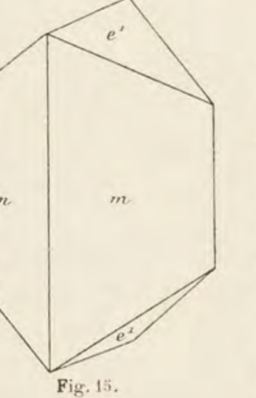


Fig. 15.

dimension. On les trouve aussi aux environs immédiats d'Ax, dans la tranchée du chemin de fer et sur la route de Prades (avec gros cristaux de cordiérite pseudomorphisés).

Les schistes micacés dont il vient d'être question forment la bordure septentrionale du massif gneissique de la frontière et se prolongent à l'ouest jusqu'en Espagne. C'est dans la haute vallée de Sem que j'ai rencontré les plus beaux cristaux d'andalousite ; ils sont roses, parfois translucides, dépourvus d'altérations micacées ; leur netteté est parfaite. Ils forment souvent des groupements à axes plus ou moins parallèles, atteignant 20 cent. de longueur, les formes y sont très variées : $p(001)\, m(110)$; $p\, m\, h^3(210)$; $p\, m\, h^1\, h^3$ (fig. 17) ; $p\, m\, h^3 e^1$ (fig. 18) auxquelles s'ajoutent parfois $h^1 g^1 a^1$.

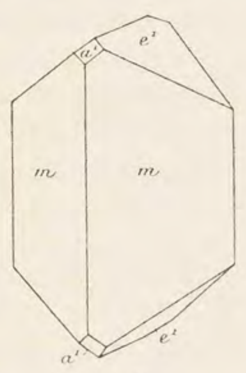


Fig. 16.

Fig. 17.

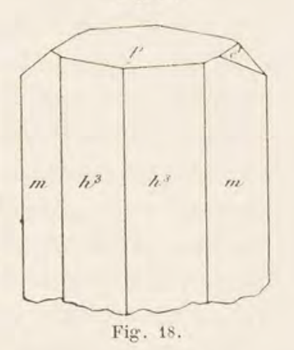


Fig. 18.

Enfin j'ai trouvé un gros cristal d'environ cinq centimètres de longueur, présentant une grande irrégularité dans le développement de ses faces ; il est constitué par les faces $m\, h^1\, h^3\, p\, e^1$. De plus, une seule face a^1 et deux faces e_3 (121) sont largement développées ; les autres n'existent qu'à l'état rudimentaire (fig. 19). Notons enfin quelques cristaux, aplatis suivant une face m.

C'est probablement de ce gisement que provient l'échantillon de pseudomorphose d'andalousite de Rancié (erratique), décrit par Bischof.

Fig. 19. Andalousite de l'Ariège.

Des cristaux d'andalousite, à faces peu nettes, se rencontrent aussi dans les granulites du massif du Saint-Barthélemy, dans le chaînon nord du pic du Han, avec grenat, tourmaline, sur le flanc

nord des crêtes dominant l'Étang des Truites. Enfin, à quelques mètres au-dessus et à l'est du col de Cadènes, j'ai trouvé dans une pegmatite d'énormes cristaux d'andalousite, rose fleur de pêcher, très brisés et associés à du corindon bleu saphir.

Pyrénées-Orientales. L'andalousite existe dans les filons de quartz des schistes précambriens des environs de Prades. Boubée l'a signalée sur le chemin de Vinça au pic du Canigou.

Plateau Central. — *Aveyron*. M. Bergeron m'a indiqué des cristaux d'andalousite rose, de la forme p (001) m (110), dans les filons de quartz de la Vernière, sur la rive gauche de l'Orb; dans les environs d'Asprières, de Bonne-Combe, de Salmiech, de Cassagnes-Bégonhès; ils se trouvent au milieu de micaschistes à minéraux.

Haute-Loire. Bertrand de Lom a indiqué l'existence d'andalousite rose, accompagnée de muscovite et de sillimanite dans les pegmatites des environs de Langeac.

Haute-Vienne. M. Damour possède dans sa collection un échantillon d'andalousite rose (p m) sur quartz, dont l'étiquette d'origine très ancienne porte l'indication « environs de Limoges ».

Loire. De Bournon a signalé (*J. P.* 1789. 4. 453) l'existence de corindon rose dans une pegmatite des montagnes avoisinant Montbrison, Haüy, dans son *Traité de minéralogie* (t. IV. 362. 1801), rapporte cette observation, mais considère le minéral comme une variété de son feldspath apyre (andalousite). De Bournon, dans son second mémoire sur le corindon (*Philosoph. Trans.* 1802. 326), proteste vivement contre cette manière de voir. Il regrette de n'avoir plus à sa disposition d'échantillons de ce minéral; tous ceux qu'il possédait ayant été perdus avec sa première collection. Ses notes lui restent cependant, il y trouve les renseignements suivants : 1° le minéral était rouge, avec une teinte pourpre, il formait de petits grains ou des fragments plus volumineux dans un feldspath jaunâtre constituant une petite veine dans une roche granitique ; 2° des surfaces polies dans les échantillons montraient un passage insensible du minéral rose avec sa gangue; 3° il possédait une dureté très variable suivant les points considérés ; par places, il rayait facilement le feldspath ; 4° ce minéral renfermait de petits grains bleu saphir, que divers essais, et notamment celui de la dureté, permettaient d'attribuer sans aucun doute à du corindon. De Bournon concluait de ces faits que le minéral rouge était du corindon, les diverses par-

ticularités que nous venons de signaler étant celles qu'il avait observées dans les corindons de Chine.

M. Gonnard s'est occupé de cette question (*B. S. M.* VII. 207. 1885) et a fait remarquer que Passinges attribue la découverte de l'andalousite dans le Forez à un sieur Imbert de Montbrison, et que divers auteurs ont plus récemment indiqué ce minéral comme provenant d'Imbert, près Montbrison. M. Gonnard ajoute que Grüner ayant cité ce minéral d'après des cristaux se trouvant dans la collection d'Allard à Montbrison, il a étudié les échantillons en question et constaté qu'ils sont formés par de l'aragonite.

Dans la discussion soulevée par de Bournon et Haüy, il me semble probable que l'opinion de ce dernier savant doit être acceptée. La description donnée par de Bournon correspond très bien à l'andalousite du col de Cadènes (Ariège). La variabilité de la dureté, le passage insensible du minéral avec sa gangue s'expliquent par une transformation partielle de l'andalousite en produits micacés. Quant aux inclusions de saphir, nous avons vu qu'elles existent aussi dans le gisement pyrénéen auquel nous venons de faire allusion. De Bournon signale dans les mêmes conditions géologiques et dans la même région des cristaux de béryl. Il est à souhaiter que des recherches ultérieures permettent de fixer exactement la position de ce gisement.

Des cristaux d'andalousite rose ont été signalés par Drian, près de Rive-de-Gier, dans la percée de Couzon pour le canal de Givors ; ils présentent des altérations micacées.

Esterel. — *Var*. L'andalousite est abondante dans les micaschistes à minéraux de l'Esterel. On ne peut, à ce sujet, que renvoyer aux gisements cités pour la staurotide. Les lentilles de quartz des mêmes micaschistes renferment parfois des cristaux d'andalousite rose (la Molle, etc.). On en rencontre aussi, quoique plus rarement, dans des pegmatites avec disthène et grenat (île du Levant).

Haüy cite, dans sa minéralogie, les environs d'Aix en Provence comme gisement d'andalousite. J'ai pu m'assurer, par l'échantillon de sa collection conservée au Muséum, que le gisement qu'il a voulu désigner est celui de la Molle.

b) Dans les gneiss, les micaschistes et les schistes micacés granulitisés.

L'andalousite des gneiss, micaschistes et schistes micacés granulitisés est généralement microscopique et dépasse rarement quelques milli-

mètres; elle ne forme pas d'ordinaire de cristaux à formes nettes, elle est souvent accompagnée de grenat, de tourmaline, de cordiérite, parfois de staurotide, de disthène (dans les micaschistes), de sillimanite (gneiss), etc. J'ai rangé dans cette catégorie des schistes micacés des Pyrénées qui semblent être paléozoïques. Quelques-uns d'entre eux présentent une grande analogie avec les schistes micacés de contact avec le granite. Peut-être même devraient-ils être rangés dans cette dernière série. Ne les ayant pas recueillis moi-même en place, je les place ici sous bénéfice d'une étude ultérieure.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* Le massif du Pic du Midi et particulièrement le sommet du Pic, le col d'Oncet, la vallée de Lesponne, etc., renferment en abondance des schistes noduleux à andalousite et staurotide métamorphisés par la granulite. Ce sont ceux qui ont été signalés page 12, à l'occasion de la staurotide. L'andalousite y forme des cristaux noirs faisant saillie sur les surfaces exposées à l'air ; leur centre est parfois occupé par de la staurotide. Quelques cristaux sont partiellement pseudomorphisés en damourite qui se développe sur leurs bords et dans leurs cassures transversales. Les cristaux prennent alors un aspect cloisonné [1].

Haute-Garonne. M. Gourdon m'a communiqué de longs cristaux roses hyalins d'andalousite, associés à des cristaux nets de staurotide, provenant des schistes micacés précambriens de la montagne de Montauban, près Luchon. On la trouve également dans les schistes séricitenx à staurotide du lac Seculejo (vallée de Larboust) et du lac d'Espingo, ainsi que dans les schistes micacés de toutes les localités signalées à la page 33 comme gisements d'andalousite des filons de quartz.

Ariège. Les gneiss de l'Ariège sont généralement recouverts par une zone plus ou moins épaisse de schistes micacés, passant à leur base aux gneiss feldspathiques, à leur sommet aux schistes carburés siluriens. Dans leur partie moyenne, ils sont souvent riches en filons ou nodules de quartz renfermant les beaux cristaux d'andalousite décrits plus haut.

1. M. Frossard m'a remis de longs cristaux d'andalousite violacée atteignant 8^{cm} de longueur. Ils sont engagés dans un micaschite à biotite de la vallée de Lesponne ; il en existe d'analogues à Génost (vallée de Louron) accompagnant de petits cristaux de staurotide. Cette communication m'a été faite depuis le tirage de la page 12. Les schistes à staurotide et andalousite qui sont décrits à l'article « *Hautes-Pyrénées* » et que je n'avais pas vus encore en place sont ceux qui viennent d'être étudiés dans ce paragraphe.

Ils contiennent eux-mêmes le même minéral qui y constitue des amandes atteignant parfois la grosseur d'un œuf; elles y sont souvent extraordinairement abondantes.

Quand on brise une de ces amandes, généralement aplaties et allongées, on constate qu'elles ont une couleur rosée. Si on les étudie au microscope, on voit que leur composition minéralogique n'est pas homogène, qu'elles sont constituées par l'enchevêtrement à axes souvent parallèles de staurotide, d'andalousite, de cordiérite moulant le quartz ancien du schiste. Ces minéraux sont accompagnés de biotite, d'apatite et de tourmaline.

On peut citer comme gisements spéciaux : les environs de Ganac ; dans le massif du Saint-Barthélemy, les alentours du pic de la Lauzatte, du mont Fourcat ; dans la vallée de l'Ariège, les environs de Savignac, Ax, Ascou, etc. ; dans le massif du pic des Trois-Seigneurs, le col du Pas de la Pourtadelle et le revers du pic des Trois-Seigneurs, etc.

Pyrénées-Orientales. Ces mêmes schistes à andalousite existent probablement dans les Pyrénées-Orientales, et notamment aux environs de Prades; les échantillons que j'ai eus entre les mains ne me permettent pas d'indiquer de gisements précis.

Montagne-Noire. — *Tarn*. Les schistes à andalousite sont abondants dans la Montagne-Noire. M. Bergeron les considère (*Ann. Sc. géol.* XXII. 50. 1889) comme appartenant à l'étage des micaschistes ou à la base du précambrien. Ils sont traversés par les filons de quartz à andalousite signalés plus haut. D'après les échantillons qu'a bien voulu me communiquer M. Bergeron, ils se rapportent au type que j'ai décrit dans l'Ariège,

On peut les citer autour du massif du Sidobre et dans une série de bandes parallèles à la direction de la chaîne de la Montagne-Noire. L'une part de Labécède et va jusqu'à Escoussens, en passant par Arfons, Laprade et Ramondens ; une autre passe par Gijounet, le col de la Bassine, les environs de Lacaune, et va jusqu'à Murat. On peut encore citer Cambounes, Rialet, etc. ; dans la partie orientale de la Montagne-Noire, les environs de Saint-Gervais ; sur son versant méridional, les environs de Labastide et de Saint-Pons, etc. M. Frossard a recueilli des cristaux d'andalousite vitreux atteignant $4^{cm}5$ dans les schistes micacés de Vabre.

Plateau Central. — *Aveyron*. Des roches à andalousite, identiques à celles de la Montagne-Noire, s'observent dans le Rouergue,

entre La Caze, Asprières et Viviez ; on les retrouve au milieu du massif de schistes à séricite du sud de Rodez, allant de Bonne-Combe à Salmiech, Cassagnes-Bégonhès, etc.

Haute-Loire. L'andalousite, accompagnée de sillimanite, constitue un élément microscopique des micaschistes à séricite de Lubilhac (*Haute-Loire*), près Massiac (*Cantal*), d'après une communication que m'a faite M. Termier.

Cantal et Puy-de-Dôme. Je ne connais pas en place, dans cette région, de gneiss ni de granulite à andalousite, mais j'ai rencontré ces roches en enclaves dans les trachytes et andésites de Menet, du Lioran (*Cantal*), dans les trachytes du Mont-Dore, au Capucin (gneiss à cordiérite, andalousite, sillimanite, etc.), à Pailloux (granulite et cordiérite et andalousite), dans les andésites à olivine de Besse, dans les trachytes de Fontenille (*Puy-de-Dôme*).

Au Lioran et à Fontenille, l'andalousite de ces enclaves est transformée en un mélange de corindon et de spinelle moulés par des feldspaths récents (fig. 11).

Loire. MM. Michel Lévy et Termier ont décrit (*B. S. M.* XII. 56. 1889) des associations à axes parallèles d'andalousite et de sillimanite dans le gneiss granitique à cordiérite de la Chuperie, sur la route de Graix à Bourg-Argentat (massif du Pilat).

M. Termier m'a signalé des cristaux volumineux du même minéral, sans formes déterminables, dans les gneiss granulitiques du col de Pavezin, dans la même région. On le rencontre aussi dans les lentilles de quartz des micaschistes de Saint-Paul-en-Jarret.

Rhône. L'andalousite se trouve comme élément microscopique dans les micaschistes granitisés du ravin des Haies près Condrieu, à l'Ouest de la ferme de Gravisse.

Esterel. — *Var*. L'andalousite accompagne la staurotide dans les micaschistes des gisements cités au sujet de ce dernier minéral.

2° Dans les schistes modifiés au contact du granite (chiastolite).

L'andalousite est un des minéraux les plus fréquemment produits au contact du granite et des schistes paléozoïques. Dans ce gisement, elle renferme souvent les inclusions charbonneuses, régulièrement distribuées, qui ont été décrites plus haut, et qui l'ont fait longtemps considérer comme un minéral spécial (*macle*, *chiastolite*).

Les variétés présentées par l'andalousite de ce genre de gisement

sont en rapport avec la nature initiale de la roche dans laquelle ce minéral s'est développé, et par suite, dans une certaine mesure, avec l'âge de cette roche, au moins dans une région donnée.

C'est en Bretagne qu'il est le plus facile d'étudier ces diverses formes d'andalousite, c'est là que j'ai pris mes types qui sont au nombre de trois. Les travaux de Durocher et de M. Barrois ont beaucoup facilité mon travail.

a) *Type Sainte-Brigitte.* Je désigne sous ce nom les longs cristaux d'andalousite (*chiastolite*), atteignant parfois 20 cent. de plus grande dimension (fig. 23), qui se développent dans les schistes argileux du silurien (*ordovicien*) parfois à plus de quatre kilomètres du contact du granite. Ces schistes, souvent encore fossilifères, n'ont pas subi d'autres phénomènes de transformation ; ils ne se chargent de biotite qu'au contact immédiat du granite. On les rencontre aussi en Bretagne dans le carbonifère en cristaux généralement plus petits.

Tous les cristaux ont des faces prismatiques nettes ; ils se détachent facilement du schiste qui les renferme. Ils contiennent les inclusions représentées par les figures 1 à 7.

b) *Type Huelgoat.* Les cristaux de ce type sont petits, ne se détachent pas de leur gangue. Le pigment charbonneux n'y est pas toujours aussi régulièrement distribué que dans ceux du type précédent. Ce sont ceux qui se produisent le plus ordinairement au contact du granite et des schistes paléozoïques. En Bretagne, on les observe surtout dans les schistes un peu calcarifères du dévonien. On peut distinguer généralement dans les contacts de ce genre les trois stades décrits par M. Rosenbusch dans les *Steiger Schiefer* de la vallée de Barr-Andlau.

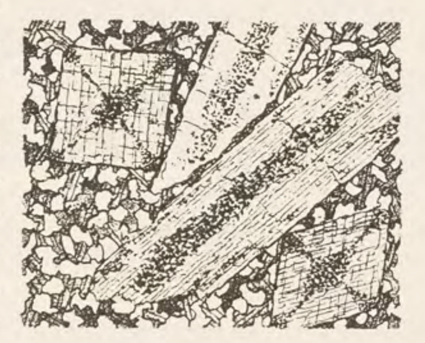


Fig. 20.
Andalousite (type Huelgoat). Les grands cristaux d'andalousite sont disséminés dans un mélange de quartz et de mica.

A Huelgoat, au contact immédiat du granite, on observe des roches compactes, dures, extrêmement riches en baguettes d'andalousite pressées les unes contre les autres (fig. 20), et quelquefois en cristaux allongés de cordiérite postérieure à l'andalousite ; la roche est riche en granules de quartz moulés par la biotite (c'est la zone des *cornéennes*).

En s'éloignant du contact, l'andalousite devient moins abondante, la roche est plus micacée.

Plus loin, les schistes renferment moins de mica ; l'andalousite disparaît, elle est remplacée par des nodules charbonneux plus ou moins clairsemés (zone des *schistes micacés noduleux*).

Enfin, à une distance plus grande du contact, les schistes modifiés ne diffèrent des schistes normaux que par l'existence de nodules charbonneux plus nombreux, mais plus petits que dans la roche précédente et par la substitution de la magnétite à l'oligiste (zone des *schistes noduleux*).

c) *Type Moulin-Vieux.* Enfin mon dernier type est celui qui s'observe dans les schistes grossiers, riches en quartz du dévonien inférieur de Bretagne et des terrains paléozoïques des Pyrénées. Les gisements les plus nets sont ceux du Moulin-Vieux en Plourin, près Morlaix, et des Chalets Saint-Nérée, dans la *Haute-Garonne*. L'andalousite y forme de longs cristaux blancs dépourvus d'inclusions charbonneuses et non isolables de la roche ; elle est généralement accompagnée de sillimanite, parfois groupée à axes parallèles avec elle (fig. 21). La roche qui la renferme est surtout constituée par du quartz moulé par de la biotite plus ou moins abondante. Elle présente à l'œil nu un aspect gneissique parfois très frappant. Elle correspond en partie aux *leptynolites* de Cordier. Il n'est parfois pas aisé de la distinguer au microscope de certains schistes micacés précambriens modifiés par les filons de quartz à andalousite, bien que leurs caractères macroscopiques soient assez différents.

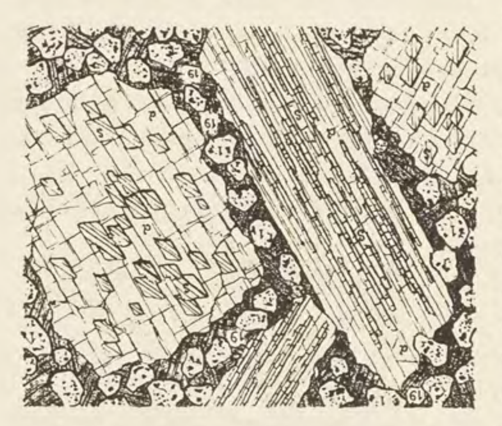


Fig. 21.
Leptynolite (type Moulin-Vieux) avec groupements à axes parallèles d'andalousite (*a*) et de sillimanite (*s*). A droite et à gauche, section *p* (001), au milieu, sections longitudinales du groupement.

Il existe également des passages entre les cornéennes micacées du type précédent et les leptynolites.

Normandie. — L'andalousite (*type Huelgoat*), est fréquente au contact du granite et des schistes paléozoïques de Normandie, et

notamment dans la *Manche*, aux environs de Flamanville, ainsi qu'entre Mortain et Avranches, sur les deux flancs de la chaîne granitique, dans le *Calvados*, aux environs de Vire, etc. De plus, le gisement suivant présente un intérêt particulier.

Orne. Je dois à l'obligeance de M. Le Tellier des cristaux d'andalousite (*type Sainte-Brigitte*), provenant des schistes siluriens à *Calymene* de Saint-Barthélemy, à quatre kilomètres sud-ouest d'Alençon. Ils atteignent 4 cent., suivant l'axe vertical. Ils s'isolent facilement du schiste qui les englobe et sont remarquables par leur transformation totale en damourite. Ils sont généralement à leur périphérie colorés en rouge par un peu d'hématite.

Bretagne. — Au commencement de ce paragraphe, j'ai décrit les diverses formes présentées par l'andalousite (*chiastolite*) développée par le granite dans les schistes paléozoïques de Bretagne ; il suffira d'énumérer quelques gisements particulièrement intéressants à ce point de vue. Il me paraît inutile de multiplier outre mesure ces citations.

Côtes-du-Nord. L'andalousite se rencontre dans les leptynolites dévoniennes du type Moulin-Vieux, au contact du granite du massif de Rostrenen. Les schistes carbonifères de la même région (Glomel) contiennent des andalousites de petite taille, du type de Sainte-Brigitte.

Finistère. Aux alentours du massif granitique de Morlaix, et particulièrement au ravin du Moulin-Vieux, au bourg de Plourin, on observe la leptynolite dont j'ai fait le type du Moulin-Vieux (fig. 21). Les groupements réguliers à axes parallèles d'andalousite et de sillimanite y atteignent plusieurs centimètres de longueur.

Aux environs de Huelgoat, il est facile d'observer toutes les variétés de roches à andalousite (*type Huelgoat*), depuis les cornéennes (près du Gouffre, près de la Coudraie, au nord de Ty-Mahé, près Saint-Herblot), les schistes feuilletés avec cristaux d'andalousite de 1 cent. de longueur (tranchée de la Coudraie, Ar-chef-cours) jusqu'aux schistes tachetés sans andalousite. La roche éruptive est un granite à pinite, la roche modifiée un schiste dévonien de l'étage de Porsguen (Barrois).

Les schistes siluriens des environs de Huelgoat renferment dans quelques points, à Vern et An-Avalennou, des cristaux d'andalousite rose, de 2 à 3 cent. de longueur, appartenant au *type Sainte-Brigitte*. Leur développement est également dû à l'action du même granite ; au contact immédiat avec celui-ci, le schiste se charge de biotite. C'est à

ce même type qu'il faut rattacher de jolis cristaux, ayant environ 2 cent. sur 2 mill., qui accompagnent la staurotide et le grenat dans les schistes siluriens micacés du village de Mur-en-Plouigneau et de Forges-Neuves. (Voy. à staurotide) ; leurs propriétés optiques ont été données plus haut.

Morbihan. Le gisement le plus important de la Bretagne, au point de vue de l'andalousite (*chiastolite*), est celui des environs des Salles-de-Rohan.

Les cristaux en sont connus depuis la plus haute antiquité ; ils étaient désignés par les anciens auteurs sous le nom de macles, et il semble que l'introduction de ce terme dans la langue héraldique tienne à ce que les Rohan, sur les terres desquels se trouvait ce gisement, les avaient représentées dans leurs armes. Je dois à l'obligeance de M. Œhlert la communication des documents suivants sur cette question.



Fig. 22.
Contre-scel de Geffroi, vicomte de Rohan (1222).

La figure 22 représente le contre-scel de Geffroi, vicomte de Rohan (1222), donné par dom Lobineau dans son histoire de Bretagne (*Preuves de l'histoire de Bretagne, faisant suite à Dom Morice.* II. XXVI). On y voit dessinée une des figures habituelles aux sections transversales des cristaux d'andalousite des Salles.

Marc de Varennes (*Le Roy d'Armes.* 1740) discute très longuement la question des macles (p. 470) ; parmi les différentes opinions, il dit : « D'autres vous maintiendront qu'attendu que les arbres et les cailloux qui sont auprès de Rohan, vers le chasteau des Salles, sont tous marquez de temps immemorial de ces figures de macles, et que c'a esté de là que les premiers Barons de ces terres fort nobles en ont chargé leurs armoiries. »

D'autre part, on trouve dans Marc Vulson de la Colombière (*La science héroïque*, 1744, p. 149) le passage suivant : « *Rohan*, de gueules à 9 macles d'or, 3, 3 et 3 ; les opinions ont esté bien diverses, touchant l'origine des macles ; quelques autheurs ont confondu ce mot avec celuy des mailles, et j'ay veu des manuscrits anciens où ces figures estoient tousiours blazonnées macles ou mailles, comme estans en quelque façon semblables aux mailles des filets qu'on emploie à la

chasse ou à la pesche, ou bien à ces mailles passées l'une dans l'autre, desquelles les cavaliers anciens se servoient à faire des iaquettes ou jaques-de-mailles. Mais quand à moy, ayant souvent pris garde que les choses qui sont particulières et remarquables en quelque pays, ont quelquesfois donné sujet à ceux qui en estoient seigneurs de les figurer dans leurs escus, et les prendre pour armes ou armoiries. J'estime que les seigneurs de Rohan, qui sont les premiers à mon advis qui ont porté ces figures dans leurs armes (quoy qu'issus des anciens roys et Princes de Bretagne) les ont prises, pource que dans le très ancien vicomté de Rohan, depuis Duché, il y a quantité de petits caillous, lesquels estans couppez en deux, l'on y voit dedans cette figure marquée ; comme aussi les carpes qui sont dans les estangs dudit Duché portent la mesme marque figurée dans leurs escailles : Ce qui estant extraordinaire et particulier à cette contrée, ce n'est pas sans sujet que les anciens Seigneurs d'icelle ayans remarqué cette merveille, ont pris ces figures pour leurs armes, et les ont transmises à leurs descendans, et leur ont donné le nom de Macles, qui vient du latin *Macula*, qui signifie tache, une macule ou une marque ; d'où quelques-uns de cette maison ont pris pour devise *sine macula macla*. »

Nous avons cité plus haut le mémoire du président de Robien sur les cristaux d'andalousite des Salles de Rohan.

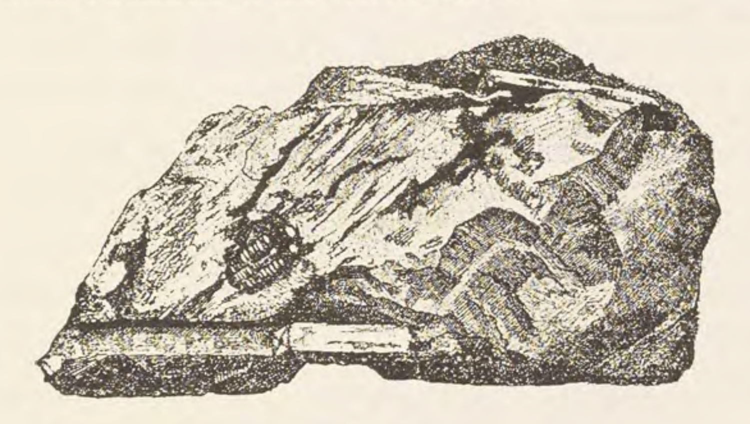


Fig. 23.
Schiste d'Angers renfermant deux cristaux d'andalousite (chiastolite) et un trilobite. Dessin fait d'après une photographie (Sainte-Brigitte).

Les cristaux du gisement qui nous occupe ont été étudiés par tous les minéralogistes du siècle dernier et par ceux du commencement de ce

siècle. Ce fut en 1838 que Puillion Boblaye découvrit à Sainte-Brigitte (*C. R.* 186. 1838) des fossiles siluriens dans les échantillons riches en cristaux d'andalousite. M. Barrois a donné (*B. S. G.* 3e série. XIV. 856. 1885) la bibliographie des mémoires géologiques publiés depuis longtemps à ce sujet.

Nous nous contenterons de rappeler que les schistes argileux qui les renferment appartiennent au silurien (schistes d'Angers), et que l'on y rencontre les fossiles suivants : *Calymene pulchra* (Barr), *Trinucleus ornatus* (Sternb), *Dalmanites socialis* (Barr.), etc., en même temps que des cristaux d'andalousite atteignant 20 cent. de plus grande dimension. La figure 23 représente un échantillon de la collection de M. de Limur, reproduit d'après une photographie de M. Gourdon. Le cristal inférieur mesurait 19 centimètres.

Ces cristaux sont souvent entourés d'une gaine jaune constituée par des produits d'altération micacés (fig. 10) ; nous avons étudié plus haut la marche de cette décomposition, ainsi que la disposition de ses inclusions charbonneuses.

Durocher a signalé (*B. S. G.*, 2e série. III. 557. 1846) ce fait que les cristaux sont disposés parfois obliquement ou perpendiculairement à la schistosité du schiste qui les contient ; il a montré que le pigment noir présentait la même disposition que dans le schiste et n'offrait pas trace de plissement.

L'andalousite s'observe non seulement à Sainte-Brigitte, mais encore à trois kilomètres de là à l'Étang des Salles, aux Forges des Salles et sur toute la lisière du granite de la région.

On la trouve aussi dans les schistes du même âge de Molac.

Le même type d'andalousite formé dans les mêmes conditions se rencontre aux environs de Rochefort-en-Terre (de Saint-Perreux à Larré), à Saint-Jean de la Poterie.

Le type Huelgoat existe au Mortier en Saint-Jacut (pseudomorphoses micacées).

Loire-Inférieure. A Marsac (N.-O. de Nozay), on observe dans les schistes siluriens de grands cristaux du type Sainte-Brigitte ; ils sont très allongés (5 cent.), tordus et étirés en fuseau ; ils se détachent facilement de leur gangue schisteuse et sont entourés d'une couche micacée jaunâtre.

Dans la même région, M. Barrois m'a signalé de l'andalousite dans les leptynolites du silurien supérieur (*type Moulin-Vieux*).

Maine-et-Loire. — Parmi plusieurs gisements du *Maine-et-Loire*, on peut citer celui de Saint-Lambert-la-Poterie (type Huelgoat), que m'a indiqué M. L. Bureau.

Pyrénées. — L'existence dans les Pyrénées de schistes à andalousite (*schistes maclifères*) de ce groupe est connue depuis longtemps. Ramond, de Charpentier en ont cité de nombreux gisements. Cordier (D'Orbigny, *Descr. des Roches*, Paris, 1868, p. 199) a pris les roches des environs de Barèges comme un des types de sa *macline*. Depuis lors, ces schistes ont été étudiés par divers auteurs, et notamment par M. Zirkel (*Z. d. G.* XIV. 1867). On les observe au contact de tous les massifs granitiques de la chaîne avec les schistes paléozoïques. On peut y distinguer les mêmes types qu'en Bretagne, avec toutefois quelques variétés locales.

Il existe une certaine difficulté à différencier, d'après la description des anciens auteurs, quelques-unes de ces roches de contact du granite avec les schistes micacés du précambrien modifiés par la granulite, schistes étudiés dans le paragraphe précédent. Cette observation s'applique surtout aux schistes micacés à andalousite et staurotide des Hautes-Pyrénées, qui ont été décrits à l'article *staurotide*. Ces derniers se trouvent dans la série géologique à un niveau inférieur à celui des schistes à andalousite seule. Il est possible qu'ils soient le résultat du métamorphisme des schistes précambriens par le granite.

Quoi qu'il en soit, je décris ici tous ces schistes dans un article unique, sauf à les séparer plus tard s'il y a lieu, lorsque l'étude sur le terrain m'aura permis de débrouiller leur mode de formation.

On pourrait multiplier à l'infini les citations de gisement ; je me bornerai à indiquer ceux qui ont été cités par les auteurs précédents ou qui méritent une mention spéciale par suite de quelque particularité.

Hautes-Pyrénées. Aux environs d'Héas, au cirque de Troumouse, se rencontrent en abondance dans un schiste argileux silurien de jolis petits cristaux d'andalousite, avec les inclusions représentées par les figures 1 à 5. Ils appartiennent au *type de Sainte-Brigitte*, mais ne peuvent pas être facilement détachés de leur gangue. Ramond les a déjà indiqués dans son *Voyage au Mont-Perdu* (p. 241) ; Blum a décrit leur pseudomorphose en produits micacés (*Pseudomorph.* I. *Nacht.* 1847. 171).

Charpentier les indique dans les mêmes schistes des gorges du port de la Pez (ou Lapez) en gros cristaux très fragiles.

Les autres gisements à citer appartiennent au type Huelgoat : Couplan et Artégus, près du lac d'Ordon (vallée d'Aure) (fig. 1 à 4) ; massif du Pic d'Arbizon, de Montaigu ; massif du Pic du Midi ; val de Pragnères (fig. 5), vallée d'Azun (sur la route d'Argelès aux Eaux-Bonnes), etc.

Dans tous ces gisements, il existe une grande variété dans la cristallinité des schistes paléozoïques riches en andalousite ; cette cristallinité est, comme toujours, en relation avec leur distance plus ou moins grande du granite.

Aux Chalets Saint-Nérée (vallée de Ferrère, dans la Haute-Barousse), j'ai décrit (*B. S. M.* XII. 58, 1899) des leptynolites du *type Moulin-Vieux*, riches en quartz, à inclusions charbonneuses et contenant de longs cristaux blancs (3 cent. de longueur) formés par les groupements à axes parallèles d'andalousite et de sillimanite représentés par la figure 21.

Haute-Garonne. On peut citer comme principaux gisements (*type Huelgoat*) : le Mail de Soulan (M. Gourdon) ; Esquierry et les granges d'Astos (vallée d'Astos d'Oo, tributaire de la vallée de l'Arboust) ; Campsaure ; Port de la Glère, vallée du port de Venasque, et dans le Val d'Aran [*Espagne*], d'après M. Gourdon, à Las Bordes, Bénos. De grands cristaux de 1^{cm} de diamètre (*type Sainte-Brigitte*) ont été trouvés dans les schistes carburés à l'Esponne et à l'Hospice de Luchon.

Ariège. M. Caralp m'a signalé de l'andalousite dans les schistes carburés siluriens, au nord des mines de Sentien.

J'ai observé de beaux cristaux de ce minéral (*type Huelgoat*) au contact du granite et des schistes paléozoïques du fond de la vallée d'Aulus, et particulièrement à la mine des Argentières et sur les flancs est et ouest de la crête aboutissant au port de Saleix. Ces schistes alternent avec des calcaires chargés de grenat, d'idocrase, de wollastonite, etc.

Pyrénées-Orientales. Les granites des Pyrénées-Orientales sont entourés d'une auréole métamorphique dans laquelle M. Deperet m'a indiqué l'andalousite (*type Huelgoat*).

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* M. Michel Lévy a signalé des schistes maclifères aux environs d'Aydat, à Laschamp, au Puy Chopine, au Moulin Fanchon (*B. S. G.* 1891. 917).

Rhône. Fournet (*in* Drian, 253) a indiqué l'existence de schistes

maclifères au Puy-d'Ajoux, près Chénelette. M. Michel Lévy les a retrouvés à l'est de l'auberge des Plats, près Monsols, et à la montagne de Charouze. Le même savant a trouvé (*B. S. M.* XV.1892) des rosettes d'andalousite rose dans un tuf porphyrique de l'âge du *Culm* du mont Tournissou, près de la montagne de Thyon, aux environs de Beaujeu.

Saône-et-Loire et Nièvre. Dans le Morvan, le même auteur a décrit (*B. S. G.* IX. 191. 1881) des schistes à andalousite dans une bande paléozoïque que l'on peut recouper de Saint-Honoré à Luzy (Nièvre). On y observe les schistes maclifères (*type Huelgoat*) sur plus de 20 kilom., jusqu'au sud de Mont, près Bourbon-Lancy (*Saône-et-Loire*). A la Theugne, sur le versant oriental de Mont, l'andalousite est transformée en une substance colloïde jaune. A la sortie sud-est de Cressy-sur-Somme, ces schistes se chargent d'amphibole au contact de porphyrites micacées. Au Moulin-Petit, ils contiennent de la belle andalousite dentelliforme, et au contact de filons de granulite, de la tourmaline et de la muscovite.

[**Alsace**]. — Les travaux de M. Rosenbusch (*Steiger Schiefer*, Strassburg, 1877) ont rendu célèbres les environs de Barr-Andlau et de Hohwald, dans lesquels ce savant a décrit de très intéressants phénomènes de contact du granite et des schistes paléozoïques (andalousite, *type Huelgoat*).

Algérie. — *Oran*. M. Bleicher a signalé (*B. S. G.* VIII. 303. 1881) de l'andalousite (*type Huelgoat*) dans des schistes métamorphiques d'Aïn Kebira et de Nedroma, au sud de Nemours.

Constantine. M. Renou a décrit (*Exploration de l'Algérie*. Paris, 1848. 58) et analysé des cristaux d'andalousite provenant des environs de Bône. D'après un échantillon isolé que j'ai vu au Muséum, ce minéral se rapporte au type de Sainte-Brigitte.

NOTA

De Charpentier et après lui divers auteurs ont signalé l'existence d'andalousite (*chiastolite*) dans des calcaires de plusieurs points des Pyrénées (vallée de Pragnères, vallée de Larboust, Montagne de Colas, au nord de Portet, vallée de Ger, etc.) ; j'ai pu m'assurer que le minéral en question est non pas de l'andalousite, mais de l'amphibole ou du dipyre noir, suivant les points considérés.

L'andalousite en petits grains roulés se rencontre au milieu des sables des régions dans lesquels ce minéral existe en place.

SILLIMANITE [1]

(FIBROLITE)

$Al^2 Si O^5$

Orthorhombique : $mm = 110°$ environ (Dx.)
$[a : b : c = 0{,}68728 : 1 : ?]$

Formes observées. m (110), h^1 (100).

M. des Cloizeaux a signalé dans ce minéral un prisme g^5 (230) avec $g^5 g^5 = 91° 45'$. M. Groth a proposé de le prendre pour m (110) ; les paramètres $a : = 0.970 : 1$ deviendraient alors très voisins de ceux de l'andalousite.

$$\left| \begin{array}{l} mm = 111° \text{ (Dx.)} \\ mh^1 = 145° 30' \end{array} \right.$$

Faciès des cristaux. Les cristaux sont très rares dans les gisements français, ils sont toujours très allongés suivant l'axe vertical, et ne sont jamais terminés ; les faces du prisme sont fortement cannelées parallèlement à leur intersection mutuelle.

La sillimanite se présente avec deux faciès : 1° sous forme de longues aiguilles rectilignes ; 2° sous forme de très fines aiguilles entrelacées, donnant naissance à des masses à texture extrêmement compacte, considérées autrefois comme un minéral spécial et désignées sous le nom de *fibrolite*. M. des Cloizeaux a montré depuis longtemps l'identité de la fibrolite et de la sillimanite.



Fig. 1. Fig. 2.
Coupes minces de sillimanite (50 diamètres).

Fig. 1. Sections allongées sans clivages [h^1 (100)] ou avec clivages [g^1 (010)]. Sections transversales p (001) avec la trace du clivage facile. — Fig. 2. Aiguilles enchevêtrées de sillimanite (fibrolite).

Les figures 1 et 2 montrent l'aspect que prennent en lames minces ces deux manières d'être du même minéral. Les aiguilles constituant la fibrolite sont extrêmement grêles et forment un tissu des plus serrés, qui explique bien la ténacité de cette substance.

1. Voir *Supplément*, IV, 678.

Déformations mécaniques. Les cristaux nets sont très souvent courbés, brisés et recimentés par le quartz ou le feldspath qui les englobe. (Cambo, *Basses-Pyrénées.*)

Clivages. Clivage h^1 (100) très facile. Cassures transversales fréquentes. Cassure inégale.

Dureté. 6 à 7.

Densité. 3.17 à 3.24. Les cristaux de Cambo possèdent une densité de 3,23. M. Damour (*op. cit.*) a donné les nombres suivants pour la fibrolite, taillée en haches (préhistoriques) : Penestin, 3.210 ; Questembert (*Morbihan*), 3.208 ; Châteaudun (*Eure-et-Loire*), 3.182 ; Belle-Isle-sur-Mer (*Morbihan*), 3.180 ; Roche-Cardon (*Rhône*), 3.179 [ces gisements sont ceux dans lesquels ont été recueillies les haches en question].

Coloration. La sillimanite pure est blanche, jaunâtre ou verdâtre ; les variétés brunes sont généralement colorées par des lamelles de biotite enserrées par les aiguilles du minéral qui nous occupe. — Éclat nacré et presque adamantin sur les surfaces de clivage. Vitreux. La sillimanite est toujours transparente en lames minces.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë *positive*, parallèle à l'axe vertical.

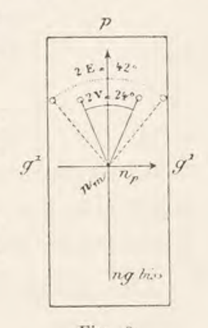


Fig. 3.
Plan des axes optiques parallèle à $h1$ (100).

Les indices mesurés par le procédé de la réflexion totale sont les suivants (pour la lumière du sodium) :

Moulin-Vieux.

n_g = 1.680
n_m = 1.661
n_p = 1.659

et la biréfringence maximum :

$$n_g - n_g = 0,021$$

L'angle des axes est variable avec les échantillons. Les valeurs suivantes ont été observées pour la lumière du sodium :

	Moulin-Vieux (Lx.)	Cambo (Lx.)	Mt-Pilat (Ml. et Termier)	Pontgibaud Dx.)
2 E =	44°	58°	34°	35° à 40° lumière blanche
d'où 2 V =	26°	33°	20°	20° à 24°

Pléochroïsme. Les variétés colorées qui montrent des traces de

pléochroïsme le doivent généralement à de fines inclusions micacées. — La sillimanite de tous nos gisements est normalement incolore en lames minces.

Groupements réguliers d'andalousite et de sillimanite. J'ai signalé déjà page 29 ces groupements réguliers représentés par les figures 9 et 21 (page 42).

Composition chimique.

Analyses :

a) des cristaux de Cambo après traitement à l'acide fluorhydrique et purification par les liqueurs denses (Lx.).

b) de fragments de hache en fibrolite de Brioude (*Haute-Loire*).

c) Id. du dolmen de Mané-er-H'roch (*Morbihan*), toutes deux par M. Damour (*C. R.* LXI. 313 et 357. 1867 et *Revue archéologique*, 1865).

SiO^2.......	37.15	37.18	37.10
Al^2O^3.....	62.72	61.17	61.03
Fe^2O^3.....	»	0.70	0.71
Perte au feu.	»	1.06	1.20
	99.87	100.11	100.04

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau ; la sillimanite présente avec le nitrate de cobalt les mêmes réactions que l'andalousite. Inattaquable par tous les acides.

Altérations. La sillimanite ne m'a jamais montré aucun produit d'altération.

Dans les fragments de roches anciennes à sillimanite englobés par les roches volcaniques du Plateau central, on voit souvent, au microscope, ce minéral se charger d'inclusions vitreuses et parfois d'octaèdres de spinelle. Ces derniers sont dus à la transformation de la biotite qui accompagne la sillimanite.

Dans des enclaves de gneiss des phonolites de Valette (*Cantal*), j'ai observé des traînées de sillimanite interrompues par des chapelets d'octaèdres violacés de spinelle qui paraissent s'être formés à ses dépens.

Diagnostic. Quand la sillimanite est en cristaux, son clivage unique à éclat nacré, parallèle au plan des axes et présentant en lumière polarisée parallèle une extinction longitudinale permet aisément de la distinguer du disthène.

La variété *fibrolite* extrêmement tenace se distingue par son infusibilité au chalumeau et par sa densité des amphiboles blanches, du jade, avec lesquels on la confondait autrefois.

En *lames minces*, la forte réfringence, la biréfringence maximum, le signe positif des cristaux à extinction parallèle à leur allongement et à la trace du clivage, la forme des sections transversales dans lesquelles le clivage facile, largement ouvert, est bissecteur de l'angle aigu (69°) des faces prismatiques (fig. 1), leurs propriétés optiques (ces sections sont perpendiculaires à la bissectrice positive et presque éteintes en lumière polarisée parallèle à cause du faible écartement des axes), assurent rapidement le diagnostic.

Les enchevêtrements de fines aiguilles de *fibrolite* sont également caractéristiques (fig. 2) ; on peut y distinguer quelques-uns des caractères énoncés plus haut.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Nous aurons à étudier la sillimanite dans les trois conditions suivantes :

1° Dans la granulite ou dans les gneiss et micaschistes, où elle se développe sous l'action de la première de ces roches ; c'est là le gisement principal de la sillimanite ;

2° Dans les roches sédimentaires modifiées par le granite ;

3° Dans les fragments de gneiss ou de granite enclavés par les roches volcaniques, et modifiés par elles. Ce mode de gisement n'est cité que pour mémoire.

1° *Dans les granulites, les gneiss et les micaschistes granulitisés.*

Les beaux cristaux de sillimanite sont très rares, et ne se rencontrent que dans les granulites ; la variété la plus commune est celle que l'on désigne sous le nom de *fibrolite* ; elle se trouve dans les gneiss granulitiques, où elle forme souvent des lits assez épais pour avoir fourni la matière des haches de l'époque de la pierre polie, que l'on rencontre en si grande abondance sur de nombreux points de la France.

C'est M. Michel Lévy qui a montré (*B. S. G.*) 110. 1879 et *B. S. M.* III. 30. 1880), à l'aide d'exemples pris particulièrement dans le Morvan, les relations de cause à effet existant entre la granulite éruptive et le développement de la sillimanite des gneiss granulitiques. Les observations plus récentes ont fait voir la généralité de ce fait.

La sillimanite est fréquemment accompagnée debiotite et de muscovite, de tourmaline et de grenat ; elle manque rarement dans les gneiss et granulites à cordiérite. Elle est un des satellites les plus constants de ce dernier minéral.

La sillimanite étant abondante partout où il y a des gneiss granulitiques, je me contenterai de signaler les gisements qui, à ma connaissance, sont les plus typiques à cet égard.

Bretagne. — *Ille-et-Vilaine*. On la trouve dans les gneiss granulitiques de Saint-Énogat.

Finistère. Dans les micaschistes granulitisés de la bande de Saint-Pol-de-Léon à Plougoulin, Plouzévédé, la sillimanite se rencontre sous forme de *fibrolite* (M. Barrois).

Morbihan. C'est aussi sous forme de *fibrolite* qu'on la trouve dans les micaschistes granulitisés, et les granulites qui les percent dans les falaises du Morbihan. M. de Limur l'a signalée notamment (p. 49, *op. cit.*, et *B. S. M.* V. 72. 1882) avec graphite et grenat dans la baie de Penboc'h (golfe du Morbihan), à la pointe de Kerino, près Vannes ; aux environs de Kentré, près Auray, etc. Dans les schistes micacés granulitisés du précambrien de Plouay à Lanvaudan.

Loire-Inférieure. La sillimanite a été signalée par M. Baret dans les gneiss granutilisés de Couëron (*B. S. M.* IV. 253. 1881), dans ceux des environs de Saint-Nazaire, et particulièrement à Ville-ès-Martin. Dans ce dernier gisement, la sillimanite forme de petites masses fibreuses marbrées de brun, grâce à des lamelles de biotite, interposées entre les aiguilles de sillimanite.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. Le plus beau gisement de sillimanite que je connaisse est celui que j'ai découvert en 1890 à Cambo. Les travaux de percement du second tunnel du chemin de fer, passant au-dessous de ce village, ont nécessité l'extraction d'une très grande masse de gneiss acides, de cipolins, de gneiss à pyrogène et de granulite. Dans les fentes du quartz j'ai trouvé de superbes cristaux de zéolites qui seront décrits plus loin.

Une pegmatite à oligoclasse, riche en quartz, m'a fourni une très grande quantité de sillimanite, accompagnée de très gros cristaux de cordiérite et de groupements (à forme de pegmatite graphique) de cordiérite et de quartz, de tourmaline et de quartz.

La sillimanite forme des cristaux très allongés suivant l'axe vertical

et dépassant parfois 10 cent. ; le fragment du plus gros cristal que j'ai observé et qui m'a servi à déterminer les propriétés optiques avait 4 cent. de longueur sur 8 mm. d'épaisseur. J'ai brisé une quantité considérable de roche, espérant trouver des cristaux présentant des faces terminales ; mes recherches n'ont pas été, à cet égard, couronnées de succès.

Les cristaux montrent les faces *m* (110) dominantes, et h^1 (100) très réduites (fig. 4). Quand on essaie de les détacher du quartz, le clivage nacré h^1 se produit avec grande facilité.

La pegmatite a subi des actions mécaniques puissantes, et les cristaux de sillimanite sont souvent brisés et ressoudés par le quartz, comme cela a lieu si souvent pour la tourmaline de ces mêmes roches.

Très fréquemment, dans un même bloc de quartz, les cristaux de sillimanite se présentent extrêmement nombreux et orientés dans la même direction ; ils donnent au quartz un aspect laiteux et une texture fibreuse très curieuse. Quand on taille une lame mince dans ce quartz, on constate que la sillimanite y est beaucoup moins abondante que ne le faisait supposer l'examen macroscopique.



Fig. 4. Sillimanite de Cambo.

Hautes-Pyrénées. M. Frossard me l'a signalée dans les granulites de la vallée de Lesponne (massif du Pic du Midi de Bigorre).

Ariège. La sillimanite est peu fréquente dans l'Ariège. M. Caralp me l'a indiquée dans les pegmatites, à l'est de Castillon ; dans les gneiss granulitiques, sur le chemin de Sentenac, au col de la Quorre, et dans ceux de la vallée de Bethmale.

Je l'ai rencontrée, mais généralement comme élément microscopique, dans les filons ou les bancs de granulites à cordiérite des schistes cristallins des massifs du pic Saint-Barthélemy et du pic des Trois-Seigneurs.

Dans cette dernière région, j'ai découvert, l'an dernier, un gisement intéressant de sillimanite. Sur la crête la plus méridionale du pic de Fontanette, dominant le port de Suc, se trouvent des micaschistes très granulitisés qui, sur plusieurs centaines de mètres, sont presque exclusivement constitués par de la sillimanite et des micas.

La sillimanite forme aux surfaces exposées à l'air de grandes baguettes fibreuses d'un blanc nacré, que l'on pourrait, au premier abord, prendre pour de la trémolite ; elles sont décapées par les actions atmosphériques

et débarrassées de la biotite qui les empâte dans la roche schisteuse. L'examen microscopique fait voir que cette roche possède une structure curieuse. Elle est formée par de la sillimanite en longs cristaux groupés à axes parallèles ou par de petites aiguilles enchevêtrées (fibrolite) et englobées par de grandes lames (à formes géométriques) de muscovite. La biotite moule les deux minéraux précédents.

Montagne Noire. — *Tarn*. M. Bergeron m'a signalé de petites masses ovoïdes de sillimanite (fibrolite), entourées de biotite dans les leptynolites des Gorges d'Héric ; le même minéral est abondant dans les gneiss granulitiques de la Montagne-Noire.

Plateau Central. — Il serait oiseux de vouloir citer tous les gisements de sillimanite du Plateau Central ; ce minéral existe partout où se trouvent des gneiss granulitiques. Je citerai seulement quelques gisements comme types. Je rappellerai que, dans tout le plateau Central, les haches de fibrolite sont très abondantes, et ont été, selon toute vraisemblance, fabriquées sur place : elles ont été désignées comme *jade* par les anciens auteurs,

Haute-Loire. Les galets de sillimanite (*fibrolite*) sont très abondants dans le lit de l'Allier et de la Loire ; on y rencontre parfois associés de l'andalousite et du corindon bleu (Bertrand de Lom). — Les gneiss de l'arrondissement de Brioude renferment fréquemment des lits assez épais de fibrolite. M. Brihat m'a signalé, notamment, à ce point de vue, le gneiss grenatifère de Berbezit.

Les granulites à cordiérite du Velay, et en particulier les blocs que l'on trouve en enclaves dans les tufs et projections basaltiques des environs du Puy, à la Denise, aux rochers Saint-Michel et Corneille, au Croustet, à Cheyrac, à Polignac, etc., contiennent fréquemment de la sillimanite. Ce minéral, associé à de la belle cordiérite bleue, à du grenat, etc., ne s'y rencontre pas exclusivement à l'état de fibrolite. Au Rocher Saint-Michel, j'en ai recueilli de belles lames nacrées ayant 2 cent. de longueur sur 3^{mm} de largeur. C'est certainement à ce minéral qu'il faut rapporter le disthène signalé par Pascal dans les mêmes gisements.

La sillimanite étant infusible et réfractaire à l'action des magmas volcaniques, se rencontre quelquefois avec zircon, corindon, dans les laves basaltiques de la Haute-Loire, où elle constitue les derniers restes d'enclaves de granulite ou de gneiss résorbés.

M. Boule a rencontré la sillimanite dans les gneiss grenatifères très granulitisés des environs d'Alleyras, dans la haute vallée de l'Allier. Elle y tapisse les fissures de la roche.

Cantal. La sillimanite est très abondante dans les gneiss granulitiques de cette région, où M. Fouqué l'a notamment observée dans la vallée de l'Allagnon et dans la vallée de Blesle qui y aboutit.

J'ai recueilli dans les trachytes domitiques des environs du Lioran et de Menet des enclaves de gneiss granulitique à cordiérite, andalousite et sillimanite présentant d'intéressants phénomènes de métamorphisme. La sillimanite y est intacte. Il en est de même dans des enclaves du même genre des phonolites de Valette. Dans ce dernier gisement, une partie de la sillimanite est transformée en spinelle. Elle semble aussi y prendre naissance par transformation de la biotite.

Corrèze. On la trouve particulièrement dans les gneiss des vallées du Chavanon et de la Clidane.

Haute-Vienne. Elle est très abondante en petits bancs, constitués par des fibres grêles, dans la carrière de Cluzeau, près Limoges ; elle doit parfois sa coloration brune à des enchevêtrements de lamelles de biotite.

Puy-de-Dôme. Aux environs de Pontgibaud, et notamment à Saint-Ours, la fibrolite a été trouvée en grandes masses, désignées par Lecoq sous le nom d'asbeste, de trémolite, de grammatite fibreuse. Elle a été étudiée par M. des Cloizeaux (*B. S. M.* IV. 258. 1881).

Aux environs d'Issoire, les galets de fibrolite sont extrêmement abondants. Bravard, dans sa monographie de la montagne de Perrier, les signale au ravin des Estouaires sous le nom de jade gris. Les fragments varient de 350 à 400 gr. Suivant M. Gonnard, ils atteignent parfois 1 kilog. (*B. S. M.* VI. 299. 1883). D'après M. Michel Lévy, ces blocs de fibrolite proviendraient de la vallée de l'Allagnon. On trouve le même minéral en place dans les gneiss à cordiérite de Cros, etc.

Ardèche. Dans les gneiss de Saint-Félicien, on rencontre de petits lits de fibrolite, qui m'ont été signalés par le frère Euthyme.

Loire. La sillimanite se rencontre dans les micaschistes granulitiques des environs de Rive-de-Gier, dans les gneiss anciens du massif du Pilat (Croix-de-Montvieux), avec grenat. C'est dans cette même région, à la Chuperie, que MM. Michel Lévy et Termier ont trouvé les groupements réguliers d'andalousite et de sillimanite décrits plus haut.

M. Termier l'a indiqué à Pont-Salomon, dans la tranchée de la gare, au milieu de blocs de gneiss à cordiérite pincés dans le granite.

Rhône. Elle est très abondante dans les gneiss granulitiques du Lyonnais, et notamment aux environs de Rochecardon, à Brignais, Pierre-Scize, etc.

Saône-et-Loire. Dans les notes rappelées plus haut, M. Michel Lévy a fait remarquer l'abondance de la sillimanite dans les gneiss granulitiques du Morvan et partout dans la région située entre le parc de Montjeu et Marmagne (vieille route de Marmagne à Autun, entre Marmagne et la Croix-Blanchot), ainsi qu'aux environs du Mont Saint-Vincent, et surtout près du vieux moulin de Marigny, etc.

Vosges. — Le Dr Carrière a signalé (*Bull. Soc. philom.* Épinal, 1889) ce minéral dans les gneiss de Lièpvre, de Saint-Hippolyte.

Maures. — *Var*. La sillimanite se rencontre dans les micaschistes granutilisés, et notamment aux environs de la Verne.

2° *Dans schistes ou grès paléozoïques au contact du granite.*

Bretagne. — La sillimanite se rencontre abondamment développée dans les schistes et les grès paléozoïques de Bretagne, au contact du granite aussi bien que de la granulite.

Elle est généralement microscopique, formant des houppes de petites aiguilles parfois très élégantes, au milieu du quartz des grès transformés en quarztite, comme dans la figure 5, représentant un échantillon de Rostrenen (*Côtes-du-Nord*) que m'a remis M. Barrois.

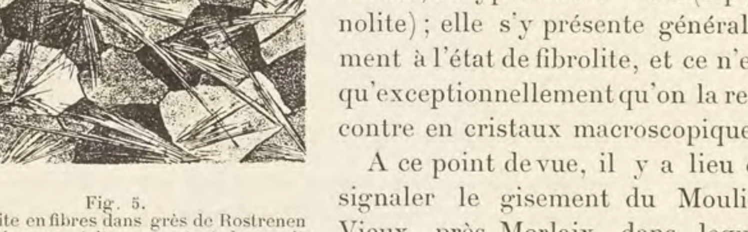


Fig. 5.
Sillimanite en fibres dans grès de Rostrenen transformé en quartzite au contact du granite.

On la trouve aussi en abondance dans les schistes micacés à andalousite, du type Moulin-Vieux (leptynolite) ; elle s'y présente généralement à l'état de fibrolite, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'on la rencontre en cristaux macroscopiques.

A ce point de vue, il y a lieu de signaler le gisement du Moulin-Vieux, près Morlaix, dans lequel j'ai déjà signalé plus haut les groupements réguliers à axes parallèles d'andalousite et de sillimanite (p. 42, fig. 21).

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. C'est à ce genre de gisement que doivent être rapportés les groupements à axes parallèles d'andalousite et de sillimanite décrits également plus haut, dans les grès modifiés des Chalets Saint-Nérée (vallée de la Barousse).

3° *Sillimanite formée dans les roches gneissiques ou granitiques enclavées dans des roches volcaniques.*

Plateau Central. — J'ai observé la formation assez fréquente de la sillimanite au dépens de la biotite des blocs de gneiss ou de granulite englobés par les basaltes, trachytes, andésites ou phonolites du Plateau Central.

La sillimanite ainsi formée se présente toujours en fibres microscopiques.

On la rencontre aussi en abondance dans les gneiss à cordiérite, etc., enclavés dans les trachytes du Mont-Dore (Capucin et Pailloux) dans les phonolites du Cantal (Valette), etc. Elle constitue un des éléments anciens de ces roches; je l'ai, à ce titre, déjà signalée plus haut.

TOPAZE[1]

$$\left\{ \begin{array}{l} Al^2\,Si\,O^5 \\ Al^2\,Si\,F^{10} \end{array} \right.$$

Orthorhombique hémimorphe : $mm = 124°\ 17'$ (Kokscharoff)

$b : h = 1000 : 843{,}393$. $D = 884{,}105$. $d = 467{,}287$

$[a : b : c = 0{,}52854 : 1 : 0{,}95395]$

Formes observées. m (110), g^1 (010), $g^{5/3}$ (140), g^2 (130), $g^{7/3}$ (250), $g^{8/3}$ (5.11.0), g^3 (120), $g^{10/3}$ (7.13.0), g^5 (230), h^3 (210); $e^{1/2}$ (021); b^1 (112).

Les mesures données plus loin ont été prises par M. E. Bertrand (B) ou par moi-même sur de petits cristaux de Framont.

	Angles calculés	Angles mesurés
$^*mm$	124°17′	124°15′
mg^1	117°51′30″	
mh^3	135°52′	
mg^5	169°27′	169°26′
$mg^{10/3}$	163°23′	163°30′ (B)
mg^3	161°16′	161°19′
g^1g^3	136°35′	

	Angles calculés	Angles mesurés
g^3g^3 sur g^1	93°10′	93°8′
$mg^{8/3}$	158°35′	158°48 à 5′ (B) 40′
$mg^{7/3}$	154°59′30″	155°2′
$g^3g^{7/3}$	173°42′	173°36′
mg^2	150°5′30′	150°11′
$mg^{5/3}$	143°10′30″	

	Angles calculés	Angles mesurés
$pe^{1/2}$	117°40′	
$e^{1/2}g^1$	152°20′	
$e^{1/2}e^{1/2}$ s. p	55°20′	55°29′
$^*pe^1$	136°21′	
pb^1	134°25′	
mb^1	135°35′	
b^1b^1 sur p	88°50′	

1. Voir Supplément, t. IV, 681.

Faciès des cristaux. Les cristaux de Framont dont nous avons seulement à nous occuper ici sont allongés suivant l'axe vertical et se rapportent au type de ceux de Schlaggenwald ; ils sont remarquables par les nombreuses faces de la zone verticale qu'ils présentent.

Les variétés dépourvues de faces cristallines forment des masses clivables (*pyrophysalite*).

Clivages. Clivage très facile suivant p (001) ; très difficile suivant a^1 (101) et e^1 (011).

Dureté. 8.

Densité. 3.4 à 3.6.

Coloration. Les cristaux de gisements que nous avons à étudier ici sont incolores, blancs ou jaunes. On sait que la topaze des gisements de l'Oural et du Brésil présente des colorations très variées : jaune, rouge, bleu, vert, incolore. Les variétés massives sont blanches et opaques. Les cristaux sont transparents.

Éclat vitreux. Poussière blanche.

Inclusions. La topaze renferme souvent des inclusions constituées par un liquide très réfringent (*Brewsterlinite*), facilement volatilisable à environ + 29°, qu'on a longtemps considéré comme de l'acide carbonique liquide ; d'après les recherches récentes de M. A.-E. Nordenskjöld ce serait un carbure d'hydrogène. Il est souvent accompagné d'un autre liquide.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë *positive* perpendiculaire au clivage facile (001).

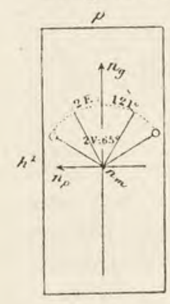


Fig. 1. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

La biréfringence maximum est d'environ :

$$n_g - n_p = 0{,}010$$

M. Michel Lévy a observé dans une topaze de Montebras, autour d'inclusions de magnétite, une auréole à biréfringence plus grande, comme cela a lieu dans les auréoles pléochroïques de quelques minéraux colorés.

L'écartement des axes optiques est très variable avec les gisements et même dans les diverses parties d'un même cristal.

J'ai observé pour la lumière du sodium les valeurs suivantes sur les cristaux d'Ambazac et de Framont.

$$2\,\mathbf{E} = \begin{cases} 120°48' \text{ (Ambazac).} \\ 111° \quad \text{(Framont) (Bertrand)} \end{cases} \qquad \text{d'où } 2\,\mathbf{V} = \begin{cases} 65°14' \\ 60°43' \end{cases}$$

Dispersion nette avec $\rho > \nu$.

Les anomalies optiques étudiées par M. Mallard l'ont conduit à considérer le réseau de la topaze comme étant réellement monoclinique.

Pléochroïsme. Les variétés très colorées possèdent parfois un pléochroïsme faible invisible en lames minces.

Propriétés électriques. Pyro et piézoélectrique.

Composition chimique. La formule chimique donnée plus haut représente la composition chimique de la topaze. Je n'ai pu recueillir dans aucun de nos gisements une quantité de matière suffisante pour en faire l'analyse.

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau. Par l'action d'une forte chaleur, s'écaille, dégage du fluorure de silicium, et devient blanc opaque; il se forme alors des aiguilles microscopiques de sillimanite (M. Vernadsky). Chauffée fortement dans un tube ouvert avec du sel de phosphore corrode le verre (fluor).

Inattaquable par les acides ; cependant par une longue digestion dans l'acide sulfurique le minéral s'attaque partiellement.

Altérations. La topaze d'un grand nombre de gisements se transforme en kaolin ou en micas.

Diagnostic. Quand la topaze est cristallisée, son diagnostic est facile grâce à ses formes et à son clivage facile perpendiculaire à la bissectrice aiguë.

Les variétés massives (*pyrophysalite*) se distinguent des feldspaths avec lesquels on pourrait les confondre au premier abord, par leur grande densité qui fait tomber le minéral dans les liqueurs denses, par leur dureté plus grande et leur clivage unique dont les propriétés optiques viennent d'être rappelées.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Jusqu'à la découverte récente de la topaze dans les rhyolites américaines, ce minéral était considéré oomme absolument caractéristique

des granulites, des filons stannifères et des roches schisteuses modifiées par eux. C'est dans ce dernier genre de gisement que nous avons à l'étudier ici.

Bretagne. — *Morbihan*. M. de Limur a signalé (*op. cit.*) l'existence de deux échantillons de topaze blanche cristallisée qui auraient été trouvés dans les filons stannifères de la Villeder. Je n'ai pas eu l'occasion de les étudier.

J'ai entre les mains un petit cristal isolé jaune pâle, transparent, qui m'a été donné comme provenant de ce gisement. Il présente le développement habituel des cristaux d'Altenberg avec m (110), g^5 (230), g^3(120), e^1(011), $e^{1/2}$(021), b^1 (112), $b^{1/2}$ (112) et p (001) peu développé et arrondi comme toutes les autres faces du sommet. Je cite ce cristal pour mémoire, n'ayant qu'une médiocre confiance dans l'authenticité de son gisement.

Je dois à l'obligeance de M. Barrois une granulite provenant de Kervalaun en Scaer (*Finistère*), et renfermant de la topaze comme élément microscopique. Elle possède la structure des granulites d'Ambazac qui vont être étudiées.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme*. Je rappellerai pour mémoire que Devèze de Chabriol et Bouillet ont signalé de petits cristaux de topaze avec zircon, tourmaline, béryl dans les sables de Perrier, et que Lecoq et Bouillet ont également annoncé (Gonnard, *op. cit.*, 80) que ce minéral accompagnait le quartz et l'amphibole dans les sables résultant de la décomposition des trachytes de la partie supérieure du ravin des Egravats (Mont-Dore). Ce dernier gisement serait remarquable s'il existe réellement. Il serait analogue aux gisements américains, mais les recherches les plus récentes ne sont pas venues le confirmer. Il y a lieu d'appeler sur ce fait l'attention des minéralogistes qui visiteront le Mont-Dore.

Haute-Vienne. En 1889 j'ai eu l'occasion d'étudier les environs de Limoges où m'ont guidé MM. Bernard du Temple et Tardieu. J'ai trouvé un petit fragment de topaze (*pyrophysalite*) dans les granulites à lépidolite et cassitérite des carrières qui bordent la route à la Chèze, près Ambazac. Ces roches semblent former des accidents du massif granulitique qui perce les gneiss de cette région.

Elles sont généralement à gros grains, très quartzeuses ; le feldspath le plus abondant est l'albite qui est fréquemment aplatie suivant g^1 (010) et qui par son orientation donne à la roche (pauvre alors en mica)

un aspect phonolitique. Cette albite est moulée par de l'orthose, du quartz, de la lépidolite rose et enfin par des éléments plus rares : *cassitérite* et *topaze*. Il existe en outre un minéral en petits octaèdres quadratiques, riche en terres rares, qui sera étudié dans une autre partie de ce livre.

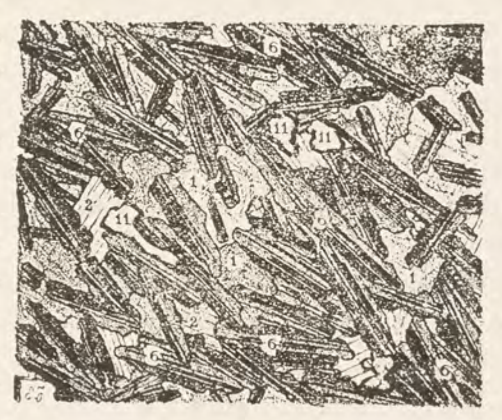


Fig. 2.
Granulite de la Chèze à structure pseudomicrolitique.
1, quartz — 2', lépidolite — 6, albite — 11, topaze.

L'aplatissement des feldspaths de cette roche lui donne en lames minces l'apparence d'une roche microlitique à structure plus ou moins fluidale (fig. 2), ou d'une roche ophitique (fig. 3) dans laquelle le quartz jouerait le rôle du pyroxène des ophites. Les figures 2 et 3 montrent ces variétés de structure, et font voir en même temps l'antériorité du feldspath par rapport à la topaze et à la cassitérite.

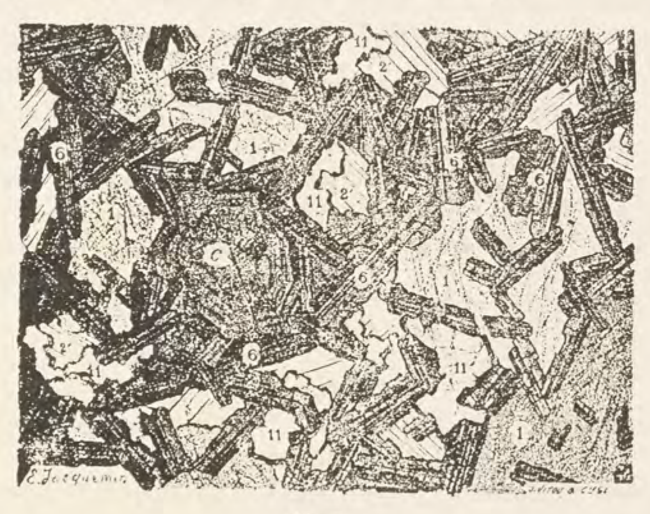


Fig. 3.
Granulite à structure pseudoophitique de la Chèze.
1. quartz — 2', lépidolite — 6, albite moulée par cassitérite c et 11, topaze.

Dans ces roches, la topaze forme de petites plages déchiquetées,

creusées de cavités ; elle ne dépasse guère 0mm5. Le seul échantillon macroscopique que j'ai trouvé et auquel j'ai fait allusion plus haut est blanc jaunâtre ; il présente l'aspect de la pyrophysalite de Fimbo. Il est probable que des recherches dirigées dans ce sens permettraient de retrouver la topaze dans toutes les roches analogues de la région.

Ces mêmes carrières de la Chèze renferment des pseudomorphoses blanches, rosées ou roses, à structure fibreuse. Il ne reste plus rien du minéral primordial qui était peut-être constitué par de l'orthose ou par de la topaze.

Creuse. M. Michel Lévy a trouvé la topaze comme élément microscopique d'une granulite provenant du gisement de cassitérite de Montebras.

Vosges. — *Alsace*. M. E. Bertrand a découvert de très jolis cristaux de topaze sur un échantillon de phénacite de Framont, et les a brièvement décrits en 1877 (*Z. K.* I. 297). Je dois à l'obligeance de ce savant la communication de son échantillon. Les cristaux terminés par les deux sommets sont implantés avec de nombreux cristaux de phénacite sur la gangue de quartz et de limonite si caractéristique de ce gisement.

Les cristaux atteignent 4mm suivant l'axe vertical, direction de leur allongement, et possèdent leurs deux sommets. Ils présentent le développement des cristaux de Schlaggenwald, décrits par M. Groth.

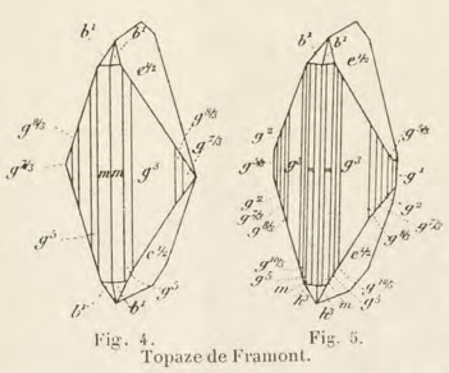


Fig. 4. Fig. 5.
Topaze de Framont.

Les faces $e^{1/2}$ (021) sont très développées ; g^1 (010) est réduit à une très petite facette ou manque souvent ; les autres formes de la zone verticale sont très nombreuses et nettes. Toutes les faces énumérées plus haut existent sur ces cristaux ; je ne crois pas utile de les répéter ici.

Ces cristaux sont incolores ; la teinte foncée présentée par quelques-uns d'entre eux est due à des infiltrations ferrugineuses.

Ce minéral constitue à Framont une très grande rareté, et l'échantillon étudié est unique jusqu'à présent.

DISTHÈNE [1].

Al^2SiO^5

Triclinique : $mt = 97^\circ 17'$ (M. Bauer).

$b : c : h = 1000 : 529{,}695 : 457{,}944$. $D = 657{,}238$. $d = 590{,}936$

$$\left[\begin{array}{lll} & a : b : c = 0{,}89912 : 1 : 0{,}69677 \text{ (M. Bauer).} & \\ xy = 106^\circ\ 1' & yz = 90^\circ\ 23' & zx = 108^\circ\ 18' \\ Z = 106^\circ\ 21' & X = 93^\circ\ 24' & Y = 100^\circ\ 50' \end{array}\right]$$

Formes observées. p (001), m ($1\bar{1}0$), t (110), h^1 (100), g^1 (010).

Macles. Les cristaux de disthène présentent fréquemment les macles suivantes avec la face h^1 (100) pour plan d'assemblage :

1° Axe de rotation perpendiculaire à h^1 (100).

Les faces p (001) et g^1 (010) des deux individus forment des angles rentrants (fig. 1.) [Cette figure, ainsi que les deux suivantes, est empruntée à M. Bauer (*Z. d. G.* XXX. 295. 1878.)]

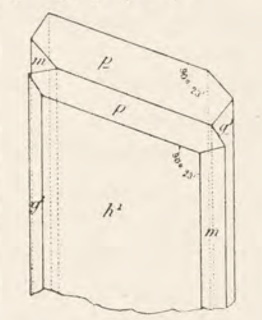


Fig. 1.
Macle $h1$ (100) avec axe de rotation perpendiculaire.

2° Axe de rotation parallèle à l'arête $p\,h^1$ (001) (100).

Les faces p (001) des deux cristaux sont sur le prolongement l'une de l'autre ; les faces g^1 (010) font un angle rentrant ; les axes verticaux des deux individus font entre eux un angle de 0° 46′ (fig. 2).

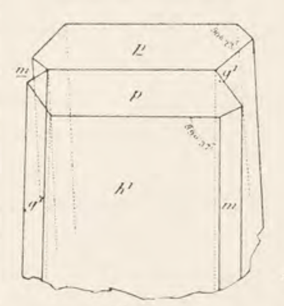


Fig. 2.
Macle $h1$ (100) avec axe de rotation parallèle à l'arête $ph1$ (001)(100).

3° Axe de rotation parallèle à l'arête h^1g^1 (100) (010).

Les faces p (001) des deux composants font un angle rentrant, les faces g^1 (010) sont sur le même plan (fig. 3).

La première de ces macles est la plus commune. (Voir plus loin le moyen de reconnaître ces macles par les propriétés optiques.)

M. Mallard considère le disthène comme possédant un réseau pseudorhombique dont les trois axes (pseudobi-

1. Voir *Supplément*, t. IV, 680.

naires) sont précisément les trois axes d'hémitropie qui viennent d'être énumérés.

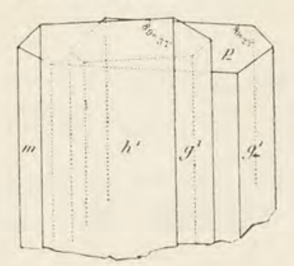


Fig. 3.
Macle h^1 (100) avec axe de rotation parallèle à l'arête $h^1 g^1$ (100) (010).

Il existe aussi une macle en croix très rare suivant (221), dans laquelle les deux individus font entre eux un angle voisin de 60° (58° 40' d'après M. Bauer).

Enfin les cristaux d'un très grand nombre de gisements présentent des macles secondaires suivant p (001), et plus rarement suivant $a^{8/3}$ ($\bar{3}08$). La fig. 4, empruntée à vom Rath (*Z. K.* III. 8), montre la forme affectée par ces macles. Elles se manifestent par des angles rentrants très nombreux sur les faces de la zone verticale, et sont généralement accompagnées de plans de séparation.

Les macles suivant p (001) s'observent souvent sur les cristaux bretons ; dans quelques gisements, les angles rentrants sont fort nets sur la face h^1 (100). L'examen des propriétés optiques fait voir combien ces macles sont polysynthétiques et en relation évidente avec les déformations subies par le minéral.

Fig. 4.
Macle suivant p (001) et $a^{8/3}$ ($\bar{3}08$).

Quant à la macle suivant $a^{8/3}$ ($\bar{3}08$), je ne l'ai observée que rarement, associée à la première et n'existant que d'une façon sporadique.

M. des Cloizeaux a adopté dans son Manuel une forme primitive différente de celle que j'emploie ici. La correspondance des deux systèmes est la suivante : p (001)(Lx.) correspond à p (001) (Dx.) — h^1 (100) (Lx.) à m (1$\bar{1}$0) (Dx.) — g^1 (010) (Lx.) à t (110) (Dx.)

	Angles calculés.		Angles calculés.
$m\ t$....	97°17'	$p\ h^1$...	100°50'
$h^1 g^1$....	106°21'	$p\ g^1$....	93°24'
$m h^1$....	131°30'	$p\ m$....	96°52'
$h^1 t$.....	145°47'		

Faciès des cristaux. Les cristaux de disthène sont allongés suivant l'axe vertical, et aplatis suivant le clivage facile h^1 (100). Les traces des

macles et des plans de séparations suivant p (001) sont généralement très nombreuses. Les figures 1 à 4 montrent l'aspect présenté par les diverses macles. Dans un grand nombre de cas, ces dernières ne sont visibles que grâce aux propriétés optiques.

Déformations mécaniques. Le disthène est flexible, aussi présente-t-il plus qu'aucun autre minéral des phénomènes de torsion. Ses cristaux sont assez rarement unis, ils sont presque toujours gondolés, gauchis ; les plans de séparation et macle suivant la base et suivant $a^{8/3}$ ($\bar{3}08$) sont alors fréquents. On les constate facilement au microscope grâce aux nombreuses lamelles hémitropes qui souvent ne se correspondent pas dans les divers fragments d'un même cristal.

Dans le disthène ainsi modifié par action mécanique, les phénomènes de transformation étudiés plus loin sont généralement très intenses.

Clivages. Clivages, très facile, lamellaire suivant h^1 (100), moins facile suivant g^1 (010), indistinct suivant e^1 ($0\bar{1}1$). Plans de séparation très fréquents suivant p (001), plus rares suivant $a^{8/3}$ ($\bar{3}08$).

Dureté. La dureté est très variable suivant les directions observées. Dans la face de clivage h^1 (100), la dureté est de 4 à 5 parallèlement à l'axe vertical, de 6 à 7 parallèlement à l'arête $p\ h^1$ (001) (100) ; sur g^1 (010), elle est d'environ 7 et plus grande sur m ($1\bar{1}0$). Le minéral est fragile et flexible.

Densité. 3.5 à 3.7.

Coloration. Le disthène est bleu (bleu de ciel à bleu saphir), incolore, blanc, jaune vert, brunâtre. La couleur bleue est toujours inégalement distribuée. Dans la face h^1 (100), on voit des bandes parallèles à l'axe vertical dans lesquelles la coloration est plus intense que dans la masse du cristal. Il n'est pas rare de trouver des cristaux incolores avec de petites facules bleues peu nombreuses, distribuées çà et là.

Dans plusieurs gisements bretons, on trouve du disthène rougeâtre. Son examen au microscope fait voir que cette couleur est due à un pigment ferrugineux distribué entre les clivages. Un traitement rapide par l'acide chlorhydrique est généralement suffisant pour le faire disparaître.

Éclat vitreux très vif sur le clivage g^1 (010), nacré sur le clivage h^1 (100). Transparent ou translucide. Poussière blanche.

Propriétés optiques. La bissectrice aiguë *négative* est perpendiculaire à h^1 (100). Dans h^1 (100), la trace du plan des axes optiques fait un angle d'environ 30° avec l'axe vertical dans l'angle aigu $p\ g^1$ (001) (010).

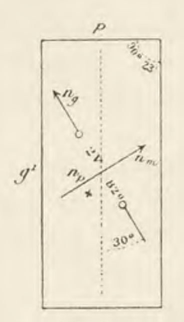


Fig. 5.
Face h^1 (100) perpendiculaire à la bissectrice aiguë n_p.

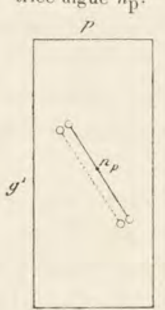


Fig. 6.
Lame de disthène parallèle à h^1 (100) montrant la disposition du plan des axes dans la macle suivant h^1 (100) avec axe de rotation perpendiculaire à h^1 (100).

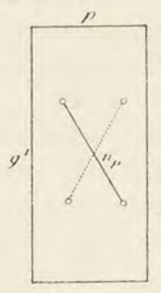


Fig. 7.
Lame de disthène parallèle à h^1 (100) montrant la disposition du plan des axes dans la macle suivant h^1 (100) avec axe de rotation parallèle à ph^1 (001)(100) ou $h^1 g^1$(100)(010).

Nous avons mesuré, M. Michel Lévy et moi, les indices de réfraction du disthène du Saint-Gothard par la méthode de la réflexion totale et trouvé les valeurs suivantes (Na).

$$n_g = 1.728$$
$$n_m = 1.720$$
$$n_p = 1.712$$

La biréfringence maximum est de :

$$n_g - n_p = 0.016$$

L'écartement des axes optiques du disthène des divers gisements français (lumière de sodium) oscille entre 82° et 84° (2 V).

La dispersion est très faible (trace de dispersion inclinée et tournante (Dx.).

L'examen optique permet de reconnaître facilement les trois macles suivant h^1 (100). Dans la première, l'orientation optique des deux composants est la même (fig. 6), tandis que dans la deuxième et la troisième les plans des axes des deux individus sont croisés (fig. 7). Il en résulte que, pour de semblables cristaux, il n'y a pas d'extinction, à moins que les deux composants aient la même épaisseur, auquel cas il y a compensation et la plaque reste constamment éteinte en lumière polarisée parallèle. En lumière polarisée convergente, on observe les phénomènes habituels aux croisements de lames perpendiculaires à une bissectrice.

Pléochroïsme. Le disthène est incolore en lames minces. Les cristaux examinés au microscope avec une épaisseur de $0^{mm}5$ à 1^{mm} présentent dans leurs parties colorées un pléochroïsme très net dans les teintes suivantes.

n_g = bleu cobalt foncé
n_m = bleu violacé
n_p = incolore

Composition chimique. Les deux analyses suivantes ont été faites sur des cristaux lavés avec soin aux acides fluorhydrique et chlorhydrique.

	a) Coet Lignez	*b*) Ile du Levant
SiO^2......	37.32	37.21
Al^2O^3.....	62.81	62.86
	100.13	100.07

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, le disthène se décolore, puis blanchit et devient opaque. D'après les recherches récentes de M. Vernadski, il est alors transformé en un agrégat de petites aiguilles microscopiques de sillimanite. Toutes les autres réactions au chalumeau et avec les acides sont celles qui ont été décrites pour les autres silicates d'alumine (andalousite et sillimanite).

Altérations. Dans presque tous les gisements de disthène que nous aurons l'occasion de signaler, on peut observer des pseudomorphoses de ce minéral en produits micacés, analogues à celles de l'andalousite.

Le mica récent est généralement de la *damourite*. Tantôt la transformation se fait d'une façon quelconque, l'examen microscopique montre alors les débris du minéral corrodé, noyés dans des produits micacés (parfois accompagnés de chlorite) (fig. 8), tantôt au contraire la damourite se développe entre les clivages h^1 (100) du disthène. La pseudomorphose est facilement perceptible, grâce à la différence de dureté des deux minéraux.



Fig. 8.
Disthène (*p*) maclé suivant *p* (001) dans micaschiste de Fay. Il se transforme en damourite à sa périphérie.

Diagnostic. Les propriétés physiques du disthène sont tout à fait caractéristiques.

Au microscope, on le distingue grâce à ses clivages rectilignes et serrés, à sa réfringence élevée, à sa biréfringence faible et à son extinction à environ 30° de l'axe vertical dans la face d'aplatissement, parallèle au clivage le plus facile et perpendiculaire à la bissec-

trice aiguë (les traces des plans de séparation suivant *p* (001) font dans cette face un angle de 90° environ avec l'axe vertical).

Le disthène tombe dans l'iodure de méthylène ; il est possible de l'isoler par l'emploi de l'acide fluorhydrique.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le disthène se trouve exclusivement dans les micaschites et dans les glandules ou filons de quartz de pegmatite qui les injectent et les traversent. Il est généralement associé à l'andalousite, à la staurotide et au grenat.

Bretagne. — *Finistère*. M. Barrois m'a indiqué l'existence du disthène dans les filons de quartz et de pegmatites perçant les schistes dévoniens de la montagne d'Arrée, dans les environs de Roc Saint-André-en-Cloître. Les pseudomorphoses micacées sont très fréquentes dans les échantillons que j'ai examinés.

Morbihan. Dans le Morbihan, le disthène est abondant dans les filons de quartz des micaschites à staurotide de la vallée de l'Evel. Les beaux échantillons qui se trouvent dans les collections (avec damourite) proviennent de la Haie Haute (le Hayo) en Baud, de Keroman en Plumelin, etc. Ils sont généralement indiqués comme provenant des environs de Pontivy.

On en rencontre aussi à Coet Lignez (au N.-E. de Baud), à Pluherlin, à Saint-Allouestre (dans les pegmatites à andalousite et tourmaline).

Dans ces divers gisements et particulièrement dans ceux des environs de Baud, le disthène forme parfois des masses énormes, constituées par des lames courbes ou tordues, imprégnées par la damourite; elles sont bleu de diverses nuances, leur couleur est rarement homogène.

On a trouvé à Coet Lignez et à Keroman de petits cristaux nets, quelquefois transparents ; d'autres sont rouges et superficiellement opaques ; l'examen des lames de clivage montre que cette coloration est due à de l'hématite ayant pénétré entre les clivages. Ces cristaux sont parfois entourés d'une gaine micacée qu'il est facile d'enlever avec un grattoir.

De petits cristaux de Coet Lignez m'ont présenté les faces h^1 (100), g^1(010), *p* (001) dominantes, avec des traces de *m* ($1\bar{1}0$) et *t* (110) (fig. 9).

Dans tous les cristaux bretons, les macles suivant *p* (001) sont fréquentes et se manifestent souvent par des angles rentrants très nets sur les faces h^1 (100). M. de Limur m'en a donné un fort bel exemplaire provenant des environs de Baud. Quand on examine des lames minces taillées dans les grandes masses de disthène bleu de la même région, on constate que les cristaux sont souvent brisés en un grand nombre de fragments présentant des macles polysynthétiques suivant *p* quelquefois accompagnées de la macle suivant (308). Dans chaque fragment, les bandes hémitropes sont indépendantes de celles des morceaux voisins. Il est facile de se rendre compte dans ces mêmes échantillons que la damourite s'est formée postérieurement aux déformations mécaniques du disthène.

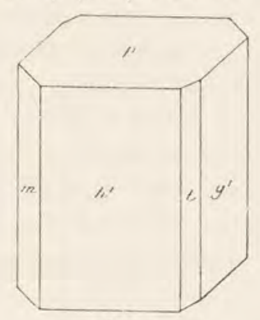


Fig. 9.
Disthène de Coet Lignez.

Loire-Inférieure. Dubuisson a indiqué (*Catal. de la Coll. min. de la Loire-Inférieure*. 1830. 57) le disthène dans les micaschites du champ des Roussettes, au nord de Fay, et dans ceux de la Gagnerie de Brignan en Bouvron. J'ai pu étudier les échantillons de Dubuisson, grâce à une obligeante communication de M. L. Bureau, directeur du Muséum de Nantes. J'ai décrit en outre (*Bull. Soc. nat. Ouest*. I. 89. 1891) ce minéral dans les *éclogites* des mêmes gisements.

Le disthène des micaschistes de Bouvron forme de larges lames bleues atteignant 6^{cm} de côté. M. Baret m'a remis de gros grenats qu'il a ramassés dans le même gisement ; ils sont littéralement lardés de petits cristaux incolores de disthène, riche en inclusions de rutile.

Dans les micaschistes de Fay, le disthène présente des traces évidentes de déformations mécaniques puissantes ; il est en outre partiellement épigénisé en damourite, accompagnée de *clinochlore*. Les macles fréquemment polysynthétiques suivant *p* (001) s'arrêtent souvent à une cassure, preuve de leur postériorité aux actions mécaniques subies par la roche. Les inclusions de rutile sont fréquentes ; elles sont souvent



Fig. 10.
Lame mince du disthène de Fay montrant la macle suivant *p* (001).
(Lumière polarisée parallèle.)

orientées parallèlement à l'axe vertical du disthène. J'ai observé assez fréquemment dans ce rutile la macle suivant $a^{1/3}$ (301).

Dans les éclogites de Bouvron, le disthène est accompagné de glaucophane, il ne présente pas de macles. Dans celles de Fay, le disthène en grandes plages irrégulières moule les baguettes de pyroxène, formant avec ce minéral des assemblages qui rappellent ceux de pyroxène et de feldspath dans les roches à structure ophitique. Dans ces deux gisements, le disthène est très riche en inclusions de rutile.

Plateau central. — *Haute-Loire*. Pascal (*op. cit.* 400) signale le disthène dans les roches granulitiques des produits de projections basaltiques de Taulhac, Cheyrac, de Sainte-Anne et de plusieurs autres points des environs du Puy (Rochers Saint-Michel et Corneille, Croustet, Denise). Il me semble probable que cet auteur a pris pour du disthène la sillimanite abondante dans tous ces gisements.

Cantal. Je dois à l'obligeance de M. Rames de grandes lames de disthène atteignant 7 à 8^{cm} de plus grande dimension ; elles sont bleuâtres avec facules bleu foncé et sont accompagnées de damourite blanche dans les veines quartzeuses des micaschistes à 500 mètres à l'ouest de Cors, hameau situé à 2 km. S.-O. de Saint-Cernin, sur le chemin de Saint-Illide.

Le même minéral se rencontre dans de semblables conditions aux environs de Dousques, entre les hameaux de Goueyze et de Peyre-Ficade.

Corrèze. Boubée a signalé (*Bull. des nouv. gisements des minér. en France*, p. 4) le disthène bleu dans le micaschiste des environs d'Uzerche (route de Tulle, en face de la borne n° 61).

D'après M. de Launay, le disthène accompagne le grenat dans les micaschistes au sud de la Bitraque, sur la route d'Argentat à Beaulieu, par la Chapelle-Saint-Géraud (*B. C. F.* n° 4. 12. 1889).

Loire. Grüner a décrit (*Descript. géol. de la Loire*, 1857) de grandes lames (atteignant 15^{cm}) de disthène bleu dans le quartz des micaschistes des environs de la Tour-en-Jarret ; les échantillons que j'ai examinés sont en partie pseudomorphosés en damourite.

M. Termier a signalé le même minéral dans les lentilles de quartz des micaschistes à chlorite et séricite de la vallée du Dorlay, près Saint-Paul-en-Jarret, aux environs de Saint-Etienne et entre Saint-Chamond et le Mont-Pilat. Il existe également dans les galets de micaschiste de la brèche houillère de la Fouillouse.

Rhône. De Saussure, dans un mémoire sur le disthène (*Analyse du sappare*, *J. P.* XXXIV. 213. 1789), dit que ce minéral se rencontre « dans le granite entremêlé de roche feuilletée (*gneiss granulitique*) qui se trouve dans la ville même de Lyon ». Ce gisement n'a pas été étudié depuis cette époque.

Isère. Sage signale (*J. P.* XXXV. 39. 1789) le disthène dans les micaschistes de Saint-Symphorien-d'Ozon, non loin de Lyon. Il le désigne sous le nom de *béryl feuilleté cristallisé en prismes tétraédriques*. « Ces cristaux sont, dit-il, feuilletés suivant leur longueur et réunis en faisceaux. »

Maures. — *Var.* Le disthène n'est pas rare dans les micaschistes à minéraux des Maures. Les gisements où il est abondant sont les mêmes que ceux qui ont été signalés à l'article *staurotide*.

Les pseudomorphoses en damourite sont fréquentes. Les beaux cristaux du même minéral doivent être cherchés dans les glandules de quartz de ces micaschistes. L'île du Levant mérite d'être spécialement citée à cet égard. Les cristaux, quand ils ont des formes nettes, présentent h^1 (100), g^1 (010) et p (001) ; ils sont parfois presque incolores avec une zone centrale bleu intense. Les déformations mécaniques par torsion et ploiement des cristaux y sont fréquentes. J'y ai observé les trois macles suivant h^1 (100), elles y sont peu communes. Assez rarement, le disthène est accompagné de grenat et d'andalousite dans de véritables pegmatites feldspathiques.

Algérie. — *Constantine.* M. Chaper a déposé à l'École des Mines de belles lames bleues de disthène, engagées dans du quartz, qu'il a recueillies à l'Oued El Aueb (petit ruisseau coulant entre Mokhta El Hadid et le massif de l'Edough, à 32 km. de Bône). Le même minéral se rencontre non loin de là dans les micaschistes de Tebeïga.

Madagascar. — La collection géologique du Muséum d'histoire naturelle renferme un bel échantillon de disthène recueilli à Madagascar en 1890 par M. Catat. J'ai pu l'étudier grâce à une obligeante communication de M. Stanislas Meunier. Les cristaux atteignant 5 cm 5 de longueur sont blancs, à peine teintés çà et là de très petites taches bleu pâle. Ils sont très fortement translucides, presque transparents et possèdent un éclat extrêmement vif. Ils n'ont subi que peu de modifications mécaniques, et peuvent être aisément dégagés du micaschiste à grands éléments qui les renferme. Celui-ci est constitué par de la biotite à axes optiques presque réunis qui est très riche en auréoles

pléochroïques, disposées autour d'inclusions de zircon. Assez souvent, cette biotite pénètre le disthène, ses lamelles s'accolent alors sur les surfaces de clivage et les plans de séparation de ce minéral.

Cet échantillon a été donné par M. Catat comme provenant d'Ivongo, sans indications plus précises. Il est probable qu'il a été recueilli dans la province de ce nom dont la capitale, appelée aussi Ivongo, se trouve à la hauteur de l'île Sainte-Marie, sur la côte est de Madagascar.

Les cristaux dont il s'agit présentent très souvent les macles suivant h^1 (100). La plus fréquente est celle avec p h^1 (001) (100) comme axe de rotation. Les petits cristaux observés en lumière convergente montrent le croisement des deux systèmes d'hyperboles, appartenant à chaque composant.

Assez souvent, les macles suivant p (001), accompagnées des plans de séparation habituels, s'observent en même temps que les macles précédentes.

M. Baron a signalé (*Quat. J. of. Soc. geol.* XLV. 305. 1889) l'existence de micaschistes à disthène dans la province d'Imérina, sans donner d'indications plus précises. M. Grandidier m'a fait remarquer à ce propos qu'il existe un mont Ivongo sur les confins orientaux de la province d'Imérina à une petite distance de Mantasoa ou Soatsimananpiovana (à 45 km. E.-S.-E. de Tananarive), c'est-à-dire dans la région signalée par M. Baron. Toutefois M. Catat n'ayant pas recueilli de roches dans cette direction, il est probable que le disthène du Muséum provient du point indiqué plus haut.

DATHOLITE [1]

$H^2Ca^2B^2Si^2O^{10}$

Monoclinique : $mm = 76°38'$ (Dx.)

$b : h = 1000 : 394,591$. $D = 620,006$. $d = 785,596$

Angle plan de la base. 76° 37′ 59″

Angle plan des faces latérales 90° 4′ 43″

$[a : b : c = 1,26455 : 1 : 0,63497]$

$zx = 89° 54'$

Géométriquement isomorphe de l'euclase, de la gadolinite et de la homilite.

1. Voir *Supplément*, t. IV, 682.

Formes observées. m (110), h^1 (100), h^3 (210) ; p (001) ; e^1 (011), $e^{1/2}$ (021) ; $d^{1/2}$ (111).

$\lambda = (b^{1/2}\, b^{1/4}\, h^1)$ $(\bar{3}11)$; $\varepsilon = a_3 = (b^1\, b^{1/3}\, h^1)$ $(\bar{2}11)$; $\alpha = (b^{1/2}\, b^{1/6}\, h^1)$ $(\bar{4}21)$; $\beta = (d^1\, b^{1/3}\, g^1)$ (121).

Je n'ai eu à ma disposition que des fragments de cristaux fort petits sur lesquels les mesures sont parfois mauvaises à cause de l'imperfection des formes.

	Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.
mm	76°38′	°35′76	pe^1	147°32′	147°34′	εh^1	130°23′	131°
mh^1	128°19′	128°15′	$pe^{1/2}$	128° 9′	127°16′	λh^1	141°49′	142°14
mh^3	160°38′	160°12′	pd^1	140°59′	140°29′	εh	168°34′	168°35
h^3h^1	147°41′	147°45′	$d^{1/2}m$	129° 5′	129°31′	$e^1\varepsilon$	139°32′	140° 5
ph^1	90° 6′	90° 7′	$d^{1/2}h^1$	113° 4′	113° 6′			
			$e^1d^{1/2}$	157° 1′	157°18′			

Faciès des cristaux. La face p (001) présente parfois de fines stries parallèles à l'arête pe^1 (001 (011) ; elle est en outre ondulée. Les faces α $(\bar{4}21)$ sont ternes et raboteuses ; elles ne donnent aucune image et ont été déterminées par les deux zones $p\ \varepsilon\ h^3$ et $\lambda\ m\ e^{1/2}$ dont elles font partie. Toutes les autres faces sont brillantes, mais plus ou moins courbes.

Dans la zone $p\ d^{1/2}\ m$, entre p (001) et $d^{1/2}$ (111), il existe presque toujours deux faces qui sont tellement arrondies qu'il est impossible de les mesurer exactement.

Les cristaux peuvent être rapportés à deux types très distincts. Le premier, qui semble le plus rare et qui constitue de petits cristaux ne dépassant pas 1^{mm}, rappelle les cristaux d'Arendal et ceux d'Andreasberg. Les faces de la zone verticale et la base dominent. $e^{1/2}$ (021) est peu développé (fig. 1). Il existe parfois des traces de β.

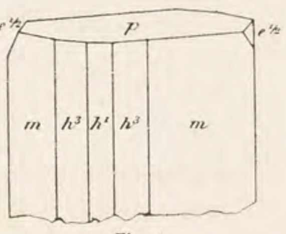


Fig. 1.
Datholite de Ste-Marie-aux-Mines.

Ceux du second type sont plus gros ; ils atteignent 0^{cm}4. Les faces de la zone prismatique sont extrêmement réduites ; la face p (001) est très développée, ainsi que e^1 (011), $d^{1/2}$ (111), λ $(\bar{3}11)$, ε $(\bar{2}11)$, α $(\bar{4}21)$.

Ces cristaux sont aplatis suivant p (001) ; ils adhèrent souvent à leur gangue par cette face ou sont implantés obliquement, serrés les uns contre les autres, de telle sorte qu'il m'a été impossible d'obtenir un cristal entier.

Clivages. M. des Cloizeaux signale des clivages difficiles suivant h^1 (100), p (001) et m (110). Je ne les ai pas observés sur nos cristaux. Cassure inégale.

Dureté. 5 à 5.5. Le minéral est fragile.

Densité. 2.8 à 3.0 ; 2.985 (Sainte-Marie-aux-Mines).

Coloration. Incolore ou blanc, Éclat vitreux très net, un peu gras dans la cassure. Transparente, au moins en petits cristaux. Poussière blanche.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë *négative* presque perpendiculaire à la base ; elle fait suivant les gisements des angles de 0°50 à 4° avec l'axe vertical dans l'angle aigu ph^1 (001) (100).

Fig. 2. Face g^1 (010) parallèle au plan des axes optiques.

M. des Cloizeaux a mesuré les indices suivants dans les cristaux d'Andreasberg.

	rouge	jaune
n_g =	1.6670	1.6700
n_m =	1.6510	1.6535
n_p =	1.6248	1.6260

La biréfringence maximum est d'environ (moyenne des mesures sur les cristaux de divers gisements) :

$$n_g - n_p = 0{,}044$$

J'ai pu obtenir une plaque perpendiculaire à la bissectrice aiguë dans un très petit cristal de Sainte-Marie-aux-Mines. On déduit de la mesure de 2 *d* (Na).

		Andreasberg.
2 V =	76°	74°57′

La dispersion, avec $\rho > \nu$, est nette ; la dispersion inclinée est faible.

Composition chimique. Je n'ai pu obtenir une quantité de matière suffisante pour une analyse.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, le minéral bouillonne et fond en un verre clair en colorant la flamme en vert. Dans le tube, donne de l'eau. La poussière donne avant calcination une réaction alcaline. La datholite se décompose facilement par les acides en faisant gelée.

Diagnostic. La datholite se présentant généralement en cristaux, ses formes sont caractéristiques ainsi que sa composition chimique. La présence d'acide borique et l'absence d'alumine permettent de la

distinguer à ce point de vue des zéolites dont elle possède quelques caractères (fusibilité, attaque facile par les acides, teneur en eau, etc.).

GISEMENTS

Vosges. — [*Alsace*]. La datholite est un minéral exclusivement drusique. On la rencontre le plus souvent dans les diorites, les kersantites, les diabases, les gabbros, les serpentines, les mélaphyres, plus rarement dans les roches granitiques et les gisements métallifères (Arendal, Andreasberg). Dans l'unique gisement que nous ayons à étudier ici, ce minéral tapisse les druses d'une kersantite aux environs de Sainte-Marie-aux-Mines à la côte de Saint-Dié dans une carrière abandonnée dite *la Pomme de Pin*. Ce minéral y a été découvert par M. Daubrée (L'*Institut* XXV. 38. Voir aussi Delbos et Köchlin Schlumberger, *Descrip. géol. et min. du Haut-Rhin*. II, 367, 1867).

Je ne reviendrai pas sur les formes puisque je ne me suis occupé que de celles de ce gisement dans la partie générale donnée plus haut.

Les cristaux étaient assez abondants, d'après les indications que M. Daubrée a bien voulu me donner. Malheureusement le petit nombre d'entre eux qui se trouvent dans les collections du Museum d'Histoire naturelle et de l'École des Mines, et qui ont été recueillis par ce savant, se prêtent mal à l'étude, les cristaux ne pouvant être facilement détachés de leur gangue. Aussi les données cristallographiques que j'ai pu réunir sur deux fragments de cristaux sont-elles certainement incomplètes. Elles sont suffisantes pour montrer l'intérêt qu'il y aurait à retrouver ce minéral et à l'étudier d'une façon plus approfondie.

Dans une note sur la *Minéralogie des Vosges* (Épinal. 1888) M. Kampmann dit avoir vu dans la collection du Dr Gaillardot des échantillons de datholite provenant de Wissembach (dans kersantite).

GROUPE DE LA TOURMALINE[1].

$Si^4\ O^{20}\ B^2\ ([AlO]^2\ Mg\ Fe\ Na^2\ Li^2\ H^2)^9$ (Groth).

Rhomboédrique hémimorphe :
$pp = 133°8'$. Angle plan au sommet : 113°57′34″
$[a : c = 1 : 0.4474]$

Formes observées. a^1 (0001) ; e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$, $k = (b^{1/3}\ d^1\ d^{1/2})$ $(41\bar{5}0)$.

p $(10\bar{1}1)$ e^1 $(02\bar{2}1)$, $e^{3/2}$ $(05\bar{5}1)$, b^1 $(01\bar{1}2)$;

d^2 $(21\bar{3}1)$, $d^{11/5}$ $(11.5.\bar{16}.6)$, $d^{3/2}$ $(32\bar{5}1)$; $e_2 = (d^{1/2} d^1 b^{1/2})$ $(12\bar{3}2)$, $\beta = (d^{1/4}\ d^1\ b^{1/3}$ $(34\bar{7}2)$;

$\varepsilon = (d^{1/5}\ d^{1/2}\ b^{1/4})$ $(12\bar{3}1)$; $w = e_{2/9}$ $(7.11.\bar{18}.2)$, $\pi = e_{1/4}$ $(35\bar{8}1)$;
$\varphi = e_{2/5} = (d^{1/5} d^{1/2}\ b^{1/5}$ $(3.7.\bar{10}.2)$ $u = e_{5/8}$. $(3.13.\bar{16}.5)$.

Les angles varient avec la composition chimique. Les seules tourmalines de gisements français se prêtant à des mesures précises sont celles de Lys, de la Vilate et de Madagascar. M. des Cloizeaux a bien voulu me communiquer les mesures qu'il a faites sur les cristaux de Lys ; elles sont suivies de l'abréviation Dx. Les miennes ont été faites sur des cristaux de Lys (Lx,) de la Vilate (Lx[1].) et de Madagascar (Lx.[2]).

	Angles calculés.	Angles observés.
e^2e^2	120°	
e^2d^1	150°	
d^1d^1	120°	
e^2k	169°6′	169°5′ (Lx.)
d^1k	160°54′	161°4′ (Lx.)
a^1p	152°40′	152°39′ (Lx.)
a^1e^2	90°	
a^1b^1	165°31′	165°28′ (Lx.)
a^1e^1	134°3′	
$a^1e^{3/2}$	111°9′	
$d^1d^{3/2}$adj.	155°14′	155°25′ (Lx.)
d^1d^2adj.	142°26′	142°31′ (Lx.)
$d^1d^{11/5}$	139°8′	
d^1p adj.	113°26′	113°20′ (Lx.)
d^1b^1lat.	90°	
ppculmin.	133°8′	133° (Lx.)

	Angles calculés.	Angles observés.
pb^1	156°34′	156°30′ (Lx.)
$pd^{11/5}$	154°18′	154°57′
pd^2 adj.	151°0′	151°8′ (Lx.[1])
$pd^{3/2}$adj.	138°12′	138°10′ (Lx.)
d^2d^2sure^1	116°12′	
d^2e^1 adj.	148°6′	
b^1b^1culm.	154°58′	
d^1w	164°3′2	164°25′ (Dx.)
$d^1\pi$	162°23′	161°49′ (Dx.)
$d^1\varphi$	153°18′	152°55′ (Dx.)
d^1u	141°50′	141°40 (Dx.)
d^1e^1	128°30′	
d^1e_2	111°41′	
d^1p	90°	
e^1e^1cul	103°1′	
wu	157°27′	158°57′ (Dx.)
πu	159°27′	159°10′ (Dx.)

	Angles calculés.	Angles observés.
we^1	144°6′	143°38′ (Dx.)
πe^1	146°7′	146°33′ (Dx.)
φe^1	155°12′	155°20′
ue^1	166°40′	166°50′
φp	116°42′	115°50′
e^1e_2	163°11′30″	163°15′ (Lx[2])
e^1p	141°40′	
$e^2d^{3/2}$adj.	147°0′	147°27′ (Dx.)
$e^2\varepsilon$sr$d^{3/2}$	127°36′	128°50′ (Dx.)
e^2e^1lat.	111°4′	111°40′ (Dx.)
$d^{3/2}\beta$	166°55′	166°30′ (Dx.)
$d^{3/2}\varepsilon$	160°36′	161°0′
$d^{3/2}e^1$	144°4′	144°0′
βe^1	157°9′	158°23′
εe^1	163°28′	162°50′ (Dx.)
d^1b^1	102°31′	102°40′ (Dx.)

1. Voir *Supplément*, t. IV, 684.

Faciès des cristaux. Les faces e^2 $(10\bar{1}0)$ sont généralement réduites à 3 ; celles des prismes dodécagones à 6. Quand le prisme e^2 offre ses six faces, trois d'entre elles alternes sont peu développées ; aussi, toutes les fois que ce prisme domine, les cristaux présentent-ils une section triangulaire caractéristique (fig. 5 et 6). Quand au contraire c'est le prisme d^1 $(11\bar{2}0)$ qui domine, les cristaux sont nettement hexagonaux (fig. 4).

Les faces de la zone verticale sont généralement striées parallèlement à leurs intersections mutuelles. Souvent ces stries sont tellement profondes que les faces ne se distinguent plus les unes des autres.

Les cristaux sont le plus souvent allongés suivant l'axe vertical ; dans quelques gisements cependant, ils sont raccourcis et peuvent même affecter des formes lenticulaires grâce au grand développement des faces des sommets relativement à celles de la zone verticale. Par suite de l'hémimorphisme de la substance, une des extrémités des cristaux est souvent constituée par e^1 $(02\bar{2}1)$, et l'autre par p $(10\bar{1}1)$, b^1 $(01\bar{1}2)$, a^1 (0001). Quand le rhomboèdre p existe aux deux extrémités du cristal, les faces du sommet qui ne présentent pas b^1 sont d'ordinaire striées parallèlement à leur intersection avec e^1.

Les scalénoèdres sont généralement très réduits dans les cristaux des gisements français. Très rarement à la Vilate et à Lys, j'ai rencontré des cristaux dans lesquels ils dominent.

La tourmaline ne se présente pas seulement en cristaux distincts ; elle a une grande tendance à former des agrégats bacillaires ou fibreux ; elle constitue même parfois à elle seule de véritables roches, dont la cristallinité n'est décelée que par le microscope.

La tourmaline est un des minéraux les plus remarquables au sujet de la différence de taille que peuvent présenter ses cristaux, qui varient depuis moins de 0^{mm} 10 jusqu'à plus d'un mètre.

Déformations mécaniques. Les roches renfermant la tourmaline ont souvent subi des phénomènes d'écrasement. On voit alors ce minéral aplati, brisé ; ses fragments sont soudés par des minéraux de formation récente ou par les débris de la roche qui le contient (fig. 20).

Clivages. Clivages très difficiles suivant $p(10\bar{1}1)$ et $d^1(11\bar{2}0)$; cassure parfois conchoïdale, mais le plus souvent inégale. Les cristaux de tourmaline des gisements français sont généralement très fendillés, fragiles ; ils se brisent facilement sous le moindre choc, ce qui les rend impropres aux travaux d'optique.

Dureté. 7.

Densité. 2.9 à 3.2. — 2.997 T. verte de l'Arba 3.002 T. rose d'Orvault et jaune d'Arnave. 3.026 T. rouge foncé de Madagascar. 3.036 T. verte de Saint-Béat. 3.067 T. brune de Lys. 3.078 T. vert pâle d'Orvault. 3.099 T. noire de Soularac. 3.097 T. jaune pâle de Madagascar. 3.110 T. d'Orvault. 3.141 T. noire de Montjeu. 3129 T. vert foncé de la Vilate. 3.170 T. bleu noir d'Orvault [1].

Coloration et éclat. La couleur est très variable. Les teintes foncées dominent. La plupart des cristaux de gisements français sont noirs, quelques-uns brun foncé (Lys), brun clair (Arnave), verts de diverses nuances (la Vilate, Orvault, Saint-Béat), plus rarement bleus (indicolite) (Orvault), rouges (Madagascar), roses (rubellite) ou même incolores (Orvault). Leurs couleurs en lames minces seront étudiées plus loin. Dans les variétés claires, un même cristal présente souvent des teintes différentes à ses deux extrémités ou est formé de zones concentriques différemment colorées (Orvault, Madagascar). Éclat vitreux. Transparente ou translucide.

Propriétés optiques. Double réfraction à un axe *négatif*. M. Mallard a observé sur quelques cristaux des anomalies optiques qui lui font considérer le réseau de la tourmaline comme réellement rhombique.

La valeur des indices de réfraction varie avec la composition chimique et la couleur.

J'ai dû mesurer les indices suivants, par la méthode du prisme :

	n_g		n_p		$n_g - n_p$	
	Na	Li	Na	Li	Na	Li
Tourmaline jaune (Madagascar)	1.6377	1.6346	1.6231	1.6203	0.0146	0.0143
— rouge —	1.6650	1.6616	1.6536	1.6507	0.0124	0.0119
— vert pâle (Arba)	1.634	»	1.613	»	0.021	»
— verte (La Vilate)	1.6498	»	1.6261	1.6234	0.0237	»

On voit d'après ce tableau que la biréfringence maximum des tourmalines lithiques à couleurs pâles est beaucoup plus faible que celle des tourmalines vertes, magnésiennes et ferromagnésiennes. Celles que l'on rencontre dans les roches ont une biréfringence maximum oscillant autour de 0.02.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est énergique ; le rayon ordinaire (n_g ω) est toujours plus fortement absorbé que le rayon extraordinaire

1. Au moment de la mise en pages, M. Damour a bien voulu me communiquer les densités suivantes qu'il a prises sur des cristaux de Madagascar : 3, 03 (T. rose pâle), 3,04 (T. rouge vif), 3,05 (T. rouge vineux), 3,075 (T. jaune madère foncé), 3,18 (T. brun noir avec sommet jaunâtre), 3,19 (T. noire), ainsi que sur une tourmaline noire de Cauterets, qui est de 3,10.

(n_p ε). Il en résulte que lorsqu'on examine au microscope un cristal de tourmaline, le maximum d'absorption a toujours lieu transversalement à l'allongement. Cette propriété est précieuse pour le diagnostic de la tourmaline des roches.

En lames minces, on constate que la tourmaline a rarement une couleur identique dans toute l'étendue d'un même cristal. Souvent il existe des zones plus foncées à l'extérieur du cristal. Dans d'autres cas, les couleurs alternent sans ordre et sans régularité.

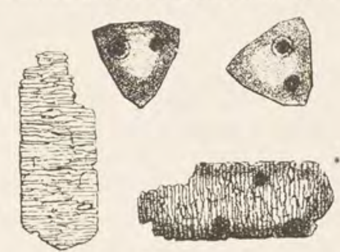


Fig. 1.
Tourmaline vue en lames minces avec un seul nicol : à gauche, section longitudinale, parallèle à la section principale du polariseur : à droite, en bas, même section vue à 90° de la position précédente et montrant une coloration plus foncée, une zone périphérique sombre et des auréoles pléochroïques qui ne sont pas visibles dans la première position. En haut, à droite, section basique dans deux positions à 90° ne changeant pas d'intensité lumineuse et montrant toujours les auréoles pléochroïques.

La tourmaline de quelques gisements présente autour d'inclusions de zircon des auréoles pléochroïques très intenses. La teinte de pléochroïsme développée dans ces conditions est souvent différente de celle que présente normalement le cristal. M. Michel-Lévy a montré (*C. R.* déc. 1888) que dans ces auréoles la biréfringence augmente.

Voici les teintes de pléochroïsme observées dans quelques tourmalines françaises :

Gisements	Couleur du cristal vu à l'œil nu	Couleurs en lames de 0mm 20 : n_g	n_p
Alger	noir	noir (opaque) / bleu sombre	brun violacé foncé / gris violacé pâle
Mont-Fourcat	—	brun jaune foncé	jaune pâle presque incol.
Col de Cadènes	—	—	—
Meymac	—	bandes alternantes gris de souris et bleu	jaune presque incolore
Lagrange	—	jaune brun à l'extrémité / jaune brun à l'intérieur	id.
Saint-Poncy	—	bleu gris ou brun jaune	jaune pâle ou incolore
Orlu	—	jaune brun marbré de bleu	id
Saint-Juéry	—	jaune clair à l'extrémité / jaune brun à l'intérieur / bleu intense autour d'auréoles	
Chazal	—	brun rouge, bleu foncé autour d'auréoles	id.
Env. de Combrossol	—	bleu et gris souris foncé	gris jaune pâle
Montée de Naguille	—	bleu foncé	incolore
Le Chapey	bleu	bleu lavande	bleu pâle presque incolore
Saint-Béat	vert émeraude	vert pâle	incolore
Orvault	bleu noir	bleu extrêmement pâle	id.
Orvault	rose	incolore	id.

Gisements	Couleur du cristal	Couleur observée au microscope à travers une face provenant de cristaux transparents ayant environ 1mm5 d'épaisseur	
		ng	np
Chanteloube.....	vert bouteille	vert bouteille foncé	bleu verdâtre
Mornant.........	brun	noir	brun rosé clair
Arnave et Lys...	brun jaune	brun jaune foncé	jaune pâle
Arba............	brun mordoré foncé	jaune topaze foncé	jaune pâle
—	vert émeraude	vert émeraude clair	jaune pâle presque incol.
—	vert pâle	vert pâle	vert jaunâtre
Orvault..........	vert	vert pâle	incolore
—	bleu noir	bleu verdâtre	jaune presque incolore
—	rose	rose pâle	incolore

Propriétés électriques. Piézo et pyroélectrique. Pendant l'échauffement, l'extrémité présentant la face b^1 $(01\bar{1}2)$ prend l'électricité positive (*pôle analogue*), et celle qui porte les faces e^1 $(02\bar{2}1)$ l'électricité négative (*pôle antilogue*). Pendant le refroidissement, on observe l'inverse de ces phénomènes. Généralement le pôle antilogue se trouve du côté où les arêtes culminantes de p correspondent aux faces dominantes e^2 et le pôle antilogue du côté où les arêtes de p correspondent aux faces e^2 réduites ou absentes.

Composition chimique. Au point de vue de la composition chimique, la tourmaline est un borosilicate d'alumine avec magnésie, fer ou alcalis.

Malgré les recherches récentes de MM. Rammelsberg, Jannasch, Riggs, Scharizer, etc., l'accord n'est pas encore fait sur les formules à adopter pour représenter la composition chimique de ces silicates complexes. On peut toutefois distinguer trois types autour desquels oscillent les échantillons des divers gisements. Ils passent de l'un à l'autre.

Ce sont les suivants d'après M. Riggs :

Tourmaline lithique......	$12\ SiO^2\ 8\ Al^2O^3\ 3\ B^2O^3\ 2\ (Na, Li)^2O\ 4\ H^2O$
— ferrifère......	$12\ SiO^2\ 7\ Al^2O^3\ 3\ B^2O^3\ 4\ (FeO)Na^2O\ 4\ H^2O$
— magnésienne..	$12\ SiO^2\ 5\ Al^2O^3\ 3\ B^2O^3\ \frac{28}{3}MgO\frac{2}{3}(Na^2O)\ 4\ H^2O$

M. Jannasch adopte les formules suivantes :

Tourmaline lithique....	$24\ SiO^2\ 15\ Al^2O^3\ 6\ B^2O^3\ 4\ FeO\ 4(Li.Na)^2O\ 7\ H^2O$
— ferrifère....	$24\ SiO^2\ 14\ Al^2O^3\ 6\ B^2O\ 9\ FeO\ 2\ Na^2O\ 7\ H^2O$
— magnésienne	$24\ SiO^2\ 13\ Al^2O^3\ 6\ B^2O^3\ 12\ MgO\ 2\ Na^2O\ 7\ H^2O$

Les tourmalines lithiques sont généralement de couleur claire : rouges, vertes ou incolores ; les tourmalines ferrifères, noires ou d'un vert

foncé; les tourmalines magnésiennes vertes ou brunes de teintes variables.

La plus grande partie des tourmalines de nos gisements français est constituée par le type ferrifère. Le type magnésien est représenté par les cristaux de Lys et d'Arnave, et par la variété chromifère des calcaires de Saint-Béat. Quant au type lithique, il est constitué par la tourmaline de couleur pâle rose, verte ou bleue d'Orvault et par celles de Madagascar.

M. Jannasch a donné (*Ber. d. chem. Ges.* XXII. 219. 1889) l'analyse suivante de la tourmaline noire ferrifère de Tamatave (*Madagascar*):

SiO^2	36.34
B^2O^3	10.87
Al^2O^3	32.22
FeO	8.31
CaO	0.79
MgO	3.92
K^2O	0.22
Na^2O	3.14
$H^2O + Fl$	3.89
	99.70

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, les tourmalines se comportent très différemment suivant leur composition chimique. Les cristaux incolores ou roses (type lithique) sont à peu près infusibles, mais ils s'exfolient et deviennent blancs et opaques; les tourmalines ferrifères fondent plus ou moins difficilement en une scorie noire, brune ou verte. Quant aux variétés pauvres en fer et riches en magnésie, elles fondent facilement en se boursouflant et en donnant soit un émail, soit une scorie blanche, jaune ou grise.

Fondues avec un mélange de bisulfate de potasse et de fluorine, les tourmalines donnent les réactions de l'acide borique. Avec le sel de phosphore, elles offrent suivant leur composition les réactions du fer, du manganèse ou du chrome. Elles sont insolubles dans tous les acides, même dans l'acide fluorhydrique. Après fusion, elles sont attaquables par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

Altérations. Le seul phénomène d'altération que j'ai observé dans la tourmaline consiste dans sa transformation en micas. A Barèges, on trouve des cristaux dont les extrémités sont progressivement remplacées par des lamelles de mica blanc. La tourmaline rose d'Orvault

se fendille dans tous les sens ; elle est peu à peu envahie par un mica jaune d'or en paillettes extrêmement fines. Quand on examine au microscope une lame mince taillée dans un cristal en voie de transformation, on voit les fragments encore intacts, séparés les uns des autres par un fouillis de petites lamelles micacées sans orientation spéciale. J'ai pu m'assurer que le minéral ainsi formé est une variété de damourite analogue à celle qui épigénise la tourmaline rose de Hébron (Maine) et qui a été décrite par MM. Clarke et Riggs. La tourmaline noire de Saint-Poncy présente les mêmes altérations.

Diagnostic. De tous les caractères qui viennent d'être décrits, deux permettent de déterminer rapidement la tourmaline soit en grands cristaux, soit en éléments microscopiques des roches. Ce sont d'abord les formes géométriques de ce minéral, son hémimorphisme et ensuite son pléochroïsme intense avec maximum d'absorption transversal à l'allongement des cristaux; les variations de couleur dans un même individu sont aussi très typiques. Le degré de fusibilité et la couleur permettent assez facilement de distinguer les unes des autres les diverses variétés.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La tourmaline se rencontre dans quatre gisements géologiques différents :

1° Dans les granulites, les pegmatites et les schistes cristallins ou sédimentaires modifiés par les roches éruptives.

2° Dans les calcaires (*a*) ou les schistes (*b*) sédimentaires n'ayant pas subi l'action de roches granulitiques.

3° Dans les schistes ardoisiers dont elle constitue un élément microscopique.

4° Dans les roches clastiques (débris).

1° *Tourmaline des granulites, pegmatites et des roches modifiées par elles.*

La tourmaline constitue un des éléments caractéristiques des roches granulitiques. Elle s'y rencontre en cristaux souvent postérieurs aux autres éléments et par suite les englobant tous.

Les beaux cristaux se trouvent dans les pegmatites ; ils sont particulièrement engagés dans le quartz ; on observe souvent des filons exclusivement formés de quartz et de tourmaline.

Les cristaux sont généralement allongés et souvent cannelés suivant l'axe vertical. Les faces sont d'ordinaire peu variées : e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$, rarement k $(41\bar{5}0)$, p $(10\bar{1}1)$, b^1 $(01\bar{1}2)$, e^1 $(02\bar{2}1)$; ils prennent une forme triangulaire par le développement de trois des faces e^2, ou une forme hexagonale quand le prisme d^1 domine. Les cristaux dépassent quelquefois 1 mètre de plus grande dimension.

Ils sont rarement constitués par les variétés lithiques (Orvault, Madagascar) ; ce sont les types ferrifères ou ferromagnésiens qui sont les plus fréquents. Le grenat leur est souvent associé.

La tourmaline est un des minéraux développés le plus habituellement au contact de la granulite ; aussi le trouve-t-on en abondance dans les gneiss, les micaschistes ou les schistes precambriens et paléozoïques ayant subi l'action de cette roche éruptive. Les cristaux y sont en général de petite taille, ils y constituent souvent des masses fibreuses ; on ne les rencontre guère avec des formes nettes que dans les glandules quartzeux ou les lits granulitiques, injectés dans ces roches schisteuses. Ils y sont encore accompagnés de grenat ainsi que de cordiérite, plus rarement d'andalousite, de disthène.

Dans l'étude de divers gisements français, je décrirai simultanément tous ceux dans lesquels la tourmaline se rencontre dans les granulites, les pegmatites ou les roches modifiées par elles. Il serait possible de multiplier à l'infini les citations de localités où l'on trouve ce minéral ; j'ai signalé seulement celles qui me sont connues par la beauté ou l'abondance des cristaux.

Normandie. — *Manche*. Cristaux abondants dans les granulites du Quesnoy près Avranches, de Réville, du Mont Saint-Michel et d'un grand nombre de gisements de l'arrondissement de Mortain. Les filons de ces derniers percent le précambrien et sont antérieurs au silurien.

Calvados. La tourmaline se trouve dans les pegmatites de la carrière de la Bellière près Vire (avec andalousite), de la Renaudière et de la Brunière en Clinchamps, de la forêt de Saint-Sever, etc.

Orne. La tourmaline est assez rare dans le massif de granulite d'Alençon. A la carrière du Pont-Percé, à Condé-sur-Sarthe, elle remplit quelquefois les géodes que tapissent de beaux cristaux de quartz enfumé, d'orthose, etc. Elle est postérieure à ces minéraux, et contemporaine de l'apatite et de la fluorine que l'on rencontre dans le

même gisement. Les échantillons que m'a communiqués M. Le Tellier ne présentent pas de formes géométriques déterminables.

Bretagne. — *Ille-et-Vilaine.* Cristaux dans le quartz gris bleu des pegmatites à grands éléments de Dinard (près La Cale), de Saint-Malo (au-dessus de la porte des Champs au Vert) ; on la trouve aussi à Paramé, au Vaugarny, près de Saint-Servan, sur la rive droite de la Rance ; gros cristaux dans les pegmatites du cap qui domine l'anse des métairies près Saint-Enogat, etc.

Côtes-du-Nord. — Dans les pegmatites des environs de Saint-Brieuc, de Lancieux, de l'anse des Pêcheurs, sur la rive gauche de la Rance, à environ 4 km. de Dinan.

Je dois à l'obligeance de M. Dorlodot d'Arment un fragment de cristal de Lancieux ($1^{cm}\,5$ suivant l'axe vertical) présentant les formes d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$ et k $(41\bar{5}0)$, ces deux dernières très réduites ; il est terminé par une large base a^1 (0001) avec de très petites bordures p $(10\bar{1}1)$ et b^1 $(01\bar{1}2)$ (fig. 2).

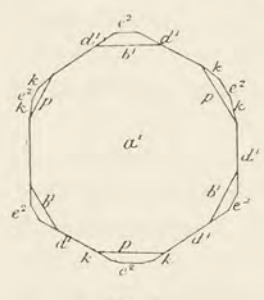


Fig. 2.

Finistère. Le Dr Le Hir a recueilli dans une granulite de Saint-Pol, près Morlaix, de jolis cristaux de tourmaline allongés ou raccourcis, souvent bipyramidés, présentant les formes d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$, p $(10\bar{1}1)$, e^1 $(02\bar{2}1)$, b^1 $(01\bar{1}2)$.

M. Munier Chalmas m'a signalé des prismes de tourmaline atteignant plusieurs centimètres dans le quartz des pegmatites de la côte de Roscoff. Ces cristaux sont souvent tordus, brisés en nombreux fragments ressoudés par le quartz.

A Laber Ildu près de Brest se rencontrent de jolis cristaux noirs cannelés sans sommets cristallins ; ils sont engagés dans le quartz.

Le même minéral est abondant dans les micaschistes et les granulites qui les percent dans un grand nombre de gisements aux environs de Douarnenez (tranchée de Pinity, sur la ligne du chemin de fer de Douarnenez à Quimper, petits cristaux et masses bacillaires dans granulite), aux environs de Quimper, à Perennon, Locronan, Faouet, Locmaria (avec grenats), etc.

Morbihan. C'est dans les mêmes roches que se trouvent les tourmalines des gisements signalés par M. de Limur et dont les principaux

sont les suivants : Sulniac, Questembert, La Roche Bernard (cristaux cannelés dans pegmatites), Saint-Nicolas-sur-Blavet (dans pegmatite), Baud, Plumeliau, environs de Pontivy (petits cristaux nets dans micaschiste), Berné, Saint-Allouestre (petites aiguilles soyeuses avec andalousite), Bignan (masses fibreuses et soyeuses de fines aiguilles brunes).

D'après M. Lodin (*B. S. G.* XII. 645. 1884), les schistes cambriens de la galerie de Piné à la Villeder sont transformés en schistes à tourmaline au contact de la granulite.

Les tourmalines des gisements qui viennent d'être énumérés sont rarement terminés par des sommets nets ; je dois à l'obligeance de M. de Limur un joli cristal provenant des environs de Baud. Les faces de la zone verticale sont extrêmement striées et non mesurables ; le cristal est terminé par une large base bordée par le rhomboèdre primitif. Il est fortement translucide sur les bords, et n'est pas intérieurement fendillé comme la plupart des cristaux de cette région. Les micaschistes de l'île de Groix sont localement riches en petits cristaux de tourmaline. Von Lasaulx y a signalé (*Niederh. Gess. Bonn* 268. 1883) les formes e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$, p $(10\bar{1}1)$ et e^1 $(02\bar{2}1)$.

Loire-Inférieure. La tourmaline est très abondante dans la Loire-Inférieure. Quelques gisements sont tout particulièrement remarquables.

Granulites et pegmatites. — Le gisement le plus important, malheureusement à peu près épuisé aujourd'hui, est celui d'Orvault, à environ 10 km. N.-N.-O. de Nantes. A l'ouest du bourg, une grande carrière est ouverte pour l'exploitation de la granulite à grains fins. C'est dans les filons minces de pegmatite qui la traversent que M. Baret a découvert les beaux échantillons de tourmaline de couleur variée décrits par lui en 1879 (*B. S. M.* I. 71). Grâce à son obligeance, il m'a été possible d'étudier de près les échantillons qu'il a recueillis.

La tourmaline est accompagnée de mispickel compact, de cristaux b^1 (110) de grenat almandin, de béryl, de muscovite, plus rarement d'uranite, de bertrandite, etc. Elle présente de nombreuses variétés et est généralement engagée dans le feldspath ou le quartz. Les seuls cristaux présentant des sommets sont noirs. Ils sont d'ordinaire peu allongés suivant l'axe vertical et peuvent atteindre 1^{cm} 8 de plus grande dimension. Ils présentent dans la zone verticale les faces d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$; j'ai observé un cristal terminé par p $(10\bar{1}1)$,

e^1 ($02\bar{2}1$), un autre par a^1 (0001) p et un troisième présentant en outre b^1 ($01\bar{1}2$). Les faces d^1 sont souvent dominantes comme dans la fig. 4. Plus rarement les cristaux de tourmaline sont engagés dans la muscovite et aplatis suivant une face prismatique de la zone verticale, comme cela a lieu dans les cristaux de quelques localités de la Caroline du Nord. La tourmaline bleue forme de gros cristaux cannelés dans la zone verticale ; leur teinte est souvent tellement foncée qu'ils paraissent noirs. Les petits fragments examinés au microscope se montrent bleu de mer.

M. Baret a trouvé en outre des variétés roses et vertes. Les cristaux roses sont très fragiles ; ils se transforment en damourite jaune pâle ; les pseudomorphoses sont rarement totales ; elles rappellent tout à fait celles d'Auburn et d'Hebron (Maine).

La tourmaline verte forme de petites aiguilles ayant une grande tendance à former des groupes bacillaires. Souvent aussi elle est engagée dans la muscovite (fig. 3). Les pointements sont indistincts.

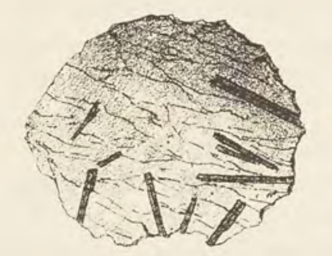


Fig. 3.
Tourmaline en petits cristaux dans lame de muscovite.

Toutes ces variétés claires de tourmaline sont souvent réunies dans un même cristal. Tantôt, ce sont les deux extrémités qui sont de couleur différente, comme dans les cristaux de l'île d'Elbe, tantôt, au contraire, les différentes colorations s'observent suivant des zones concentriques comme dans les beaux échantillons du Brésil.

La variété bleu foncé est très facilement fusible en émail noir ; les variétés de couleur claire sont à peu près infusibles. Il est à regretter que, dans ce gisement, tous les cristaux soient aussi fendillés ; ils sont toujours transparents sur une petite épaisseur.

M. Baret a recueilli dans la même carrière des échantillons d'une granulite blanche à grains fins, formée en grande partie d'albite aplatie suivant g^1 (010) et donnant ainsi à la roche une structure phonolitique. Cette roche renferme de jolis petits cristaux a^2 (211) d'almandin, de l'apatite verte et de la tourmaline. Cette dernière constitue des cristaux remarquables par le développement de d^1 et l'existence de six faces e^2 ; j'y ai observé en outre p et a^1 (fig. 4). Cette granulite forme des filons minces dans la granulite normale de la région.

Aux environs immédiats de Nantes, M. Baret a rencontré la tourmaline incolore, verte et bleu verdâtre.

La tourmaline noire se trouve encore dans les pegmatites ou les quartz de pegmatite à la Salle Verte près Saint-Clair, à la Sionnière en Saint-Herblain, à la Chaterie en Saint-Herblain (route de Vannes) (pseudomorphose en damourite) ; à Piriac (dans les salbandes du filon de cassitérite) au bourg de Batz et au Croisic sur la côte ; à 1 km. N. du bourg de Sautron ; à Clis près Guérande (très gros cristaux) ; à Ligné, à Barbin. Dans tous ces gisements, les cristaux présentent les faces d^1, e^2, plus ou moins nettes, et plus souvent forment des prismes arrondis fortement cannelés sans sommets distincts.

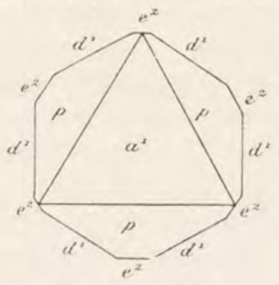


Fig. 4.
Tourmaline. Projection sur la base.

Il reste à signaler l'existence de la tourmaline dans les fissures du gabbro du Pallet. Elle s'y est developpée par action de fumerolles granulitiques analogues à celles que j'aurai l'occasion de signaler dans un gisement pyrénéen.

Les micaschistes granulitisés de la Loire-Inférieure sont riches en tourmaline. Il y a lieu de signaler notamment à Pont du Cens près Nantes et à 300 mètres du Hingué, à l'ouest de Nozay, un micaschiste à mica blanc criblé de petites aiguilles de tourmaline, atteignant $0^{cm}5$ et couchées suivant les plans de schistosité de la roche. En lames minces, elles sont de couleur brune et remarquables par les auréoles pléochroïques développées autour de petits cristaux de zircon.

Des cristaux analogues existent à la Tortière, près de l'octroi de l'Ecusson à Nantes, à Petit-Port, au Haut-Cormier près Orvault ; au Port-Durand (variété brune). Entre Mauves et Thouaré, au pont de la Tortière, on les trouve aussi en masses fibreuses dans le quartz de micaschistes ; à la Trémissinière près Nantes, ils forment des groupements fibreux et bacillaires.

Tous les sables des rivières traversant les régions précédentes renferment des fragments de ce même minéral.

Vendée. — *Deux-Sèvres*. Dans la granulite des environs de Bressuire.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. Dans le massif du Labourd, la tourmaline n'est pas rare dans les pegmatites traversant les gneiss. Je

l'ai rencontrée notamment dans les déblais résultant du percement du tunnel de Cambo; elle y forme avec le quartz des associations pegmatoïdes semblables à celles qui seront décrites plus loin dans l'Ariège. Elle est accompagnée de cordiérite se présentant dans les mêmes conditions. On la rencontre plus rarement à Louhossoa.

Dans les schistes micacés à staurotide qui se trouvent à Itsatsou, au dessus de la carrière de cipolins, j'ai rencontré des roches exceptionnelles, presque entièrement formées de petits cristaux de tourmaline brune en lames minces (page 5, fig. 2) dont le centre est parfois criblé d'inclusions charbonneuses.

Hautes-Pyrénées. Très abondantes dans les granulites et pegmatites du massif du Pic du Midi et notamment sur le flanc Sud du pic, ainsi qu'au col d'Oncet, à la montée du lac Bleu par Chiroulet. Les roches de ce dernier gisement sont très abondantes à l'état erratique dans la vallée de Lesponne. Le prisme d^1 domine souvent accompagné par 6 faces e^2 avec p à une extrémité $p\ b^1$ à l'autre ; e^1 et a^1 sont plus rares. La figure 5 représente une combinaison observée. Ces tourmalines sont souvent brisées ou aplaties. Elles sont accompagnées de beaux grenats (montée du lac Bleu), et rarement de béryl : j'ai recueilli ce dernier minéral entre l'hôtellerie et le sommet du pic à une altitude d'environ 2700^m. A la montée du Lac Bleu, j'ai trouvé une surface de granulite tapissée de rosettes d'aiguilles de tourmaline noire ayant environ 4^{cm} de longueur et divergeant d'un centre. A Barèges, de gros blocs de pegmatite ont présenté d'énormes cristaux de tourmaline souvent brisés et étirés en fuseaux à leurs extrémités et plus ou moins transformés en mica blanc ; de gros cristaux ont été rencontrés à Péguères près Cauterets. Ramond (*Voy. au Mont-Perdu*) signale des rosettes de tourmaline dans les pegmatites de Héas ; dans ce même gisement, on trouve des cristaux dépassant 15^{cm} de longueur avec un diamètre de 3^{cm}5 ; au nord de Bagnères-de-Bigorre, la tourmaline se rencontre à Ordizan et à Loucrup.

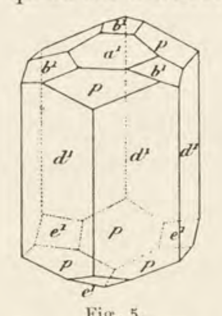


Fig. 5.
Tourmaline du lac Bleu.

Haute-Garonne. Les pegmatites des environs de Bagnères-de-Luchon sont riches en tourmaline ; on peut citer particulièrement celles des environs du pont de Chaum, de Superbagnères, du val de Burbe, du promontoire de Monenclos près Cierp (superbes cristaux : $^1/_2 e^2\ d^1\ k\ p$ atteignant 10 ^{cm} de longueur), des bains de Sost, du piton de Géry près Saint-Béat.

M. Gourdon me l'a encore signalée au grand pic de Quairat près Luchon, à la Coume de Labesque (haute région d'Oo) et au nord du Ceil de la Baque près le port d'Oo ; le même savant a trouvé dans la gorge des Barrans, au pied de la crête qui unit le Nethou au pic Fourcanade de très gros cristaux de tourmaline noire, associée à de l'apatite (de Lapparent, *B, S. M.* II. 188. 1879) ; dans le val d'Aran, non loin de Bosost et de la Bourdette,

Sur le versant sud de la Maladetta [Espagne], Charpentier signale (*op. cit.*, 134) des rosettes de tourmaline analogues à celles de Héas. M. Gourdon l'a rencontrée en plusieurs autres points du massif de la Maladetta et près des Estans Frins, non loin du pic Comolo Forno dans la Sierra de Montarto [Catalogne].

Enfin on trouve le même minéral dans les schistes micacés du pont de Mousquères et à la Casséide près Luchon ainsi qu'aux environs du pont d'Esbarech et plusieurs autres points de la vallée du Sost (Barousse).

Ariège. La tourmaline est abondante dans les granulites et roches granulitisées de l'Ariège que j'ai spécialement étudiées. En voici les principaux gisements : dans la vallée du Salat, au N.-O. de Saint-Sernin près Soueix (énormes cristaux dans pegmatite) et non loin du hameau de la Frethe, à Araux, au-dessus du pont de Kerkabanac près de Soueix ; dans la vallée de l'Ariège, à Seignaux, à Montoulieu, à Arignac, à la ferme du Calmil au-dessus de Ganac (très gros cristaux), près de Caplong (roche à petites tourmalines dans les schistes micacés analogue à celle qui sera décrite plus loin) ; à Ganac, dans les filons de quartz avec andalousite en petites aiguilles soyeuses.

Elle est moins abondante dans le massif du pic des Trois-Seigneurs ; cependant Picot de Lapeyrouse a signalé (*J. P.* XXVI, 427, 1785) des cristaux de plusieurs centimètres de longueur, terminés par des rhomboèdres dans le pegmatite de l'étang d'Arbu. Le dictionnaire d'histoire naturelle (1819) indique aux environs de Vicdessos des cristaux de tourmaline associés à de l'apatite. La tourmaline n'est pas rare dans les granulites de la montée de l'étang de Lherz par Massat.

Le massif du pic de Saint-Barthélemy (pic de Tabe) est au contraire riche en tourmaline. Les plus beaux cristaux que j'y ai rencontrés se trouvent sur les abrupts Est du ravin qui descend du col de Girabal dans la vallée de l'Ariège. Tout près du col, les micaschistes granulitisés sont traversés par de nombreux filonnets de granulite. L'un d'eux, entièrement composé de quartz et de tourmaline, m'a fourni de nom-

breux cristaux de tourmaline bipyramidés s'isolant très facilement de leur gangue.

Ces cristaux d'un beau noir ne dépassent pas 1cm5 de plus grande dimension. Très peu allongés suivant l'axe vertical, ils sont souvent également développés dans tous les sens.

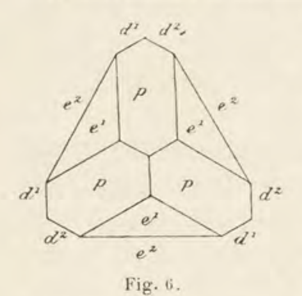


Fig. 6.

Dans la zone verticale, les cristaux présentent e^2 (10$\bar{1}$0), d^1 (11$\bar{2}$0) ; la première forme est généralement dominante et par suite de sa réduction à trois faces donne aux cristaux une forme triangulaire. Parfois les six faces e^2 existent sur le même cristal, mais alors trois d'entre elles ne constituent que de très fines facettes. Un des sommets présente toujours p (10$\bar{1}$1) et e^1 (02$\bar{2}$1) (fig. 6), tandis que l'autre est terminé soit par p seul (fig. 7), soit par p et b^1 (01$\bar{1}$2).

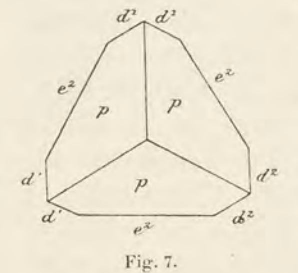


Fig. 7.

La caractéristique des cristaux de ce gisement consiste dans leur association intime avec l'apatite en petits prismes de 1 à 3mm qui en grand nombre sont inclus dans la tourmaline ou reposent sur elle. Le même minéral se rencontre en cristaux rarement translucides ; l'un d'eux présente les faces m (10$\bar{1}$0), h^1 (11$\bar{2}$0), p (0001) et b^1 (10$\bar{1}$1),

Des cristaux de tourmaline offrant les mêmes formes que ceux du col de Girabal se trouvent dans les pegmatites du côté ouest du ravin de Trimounts, presque vis-à-vis de la carrière de Pitourles.

Dans la même région j'ai rencontré assez fréquemment des associations pegmatoïdes de tourmaline et de quartz, la tourmaline y joue le rôle du quartz dans la pegmatite graphique, le quartz celui du feldspath dans la même roche. Dans le dernier des gisements énumérés plus haut, j'ai vu des blocs de plus de 0 m. 50 dans lesquels la tourmaline avait une orientation unique.

Il arrive assez souvent qu'un gros cristal de tourmaline soit entouré d'une auréole de pegmatite tourmalinifère, rappelant les micropegmatites auréolées des roches porphyriques. La fig. 8 représente une semblable association provenant de la crête nord du pic Saint-Barthélemy ; le dessin a été fait à demi-grandeur naturelle. La fig. 9 est la reproduction d'une coupe longitudinale du même échantillon.

On y voit que les aiguilles de la gaîne périphérique du cristal central ne sont pas continues, mais qu'elles ont toute la même orientation.

Dans ce même gisement, j'ai trouvé un petit cristal présentant les faces d^1 dominantes avec e^2 et surtout k ($41\bar{5}0$) peu développées.

Il est terminé à l'une des extrémités par p, à l'autre par p, b^1, e^1 et $d^{3/2}$ ($32\bar{5}1$).





Fig. 8. Fig. 9.
Pegmatite auréolée de quartz et de tourmaline (demi-grandeur naturelle).
Fig. 8. — Coupe transversale. Fig. 9. — Coupe longitudinale.

La tourmaline est en outre très abondante en gros cristaux dans les pegmatites de Mercus, dans les gneiss de la route d'Arnave à Cazenave (avec grenat), dans les pegmatites du col de Cadènes, du chaînon nord du pic du Han (avec andalousite, grenat, etc.), aux alentours du pic Saint-Barthélemy, à l'étang Tord, aux étangs du Diable et des Truites, à Trimounts, à Pitourles en Lordat dans les granulites intercalées dans les bancs de talc exploité (cristaux très brisés).

Dans le même massif, les filons de quartz à andalousite métamorphisant les schistes micacés renferment souvent le même minéral qui constitue localement de véritables schistes noirs à éléments extraordinairement fins. La roche résultante est noire et nécessite souvent l'examen microscopique pour que sa véritable nature puisse être éclaircie (pic de la Lauzatte, Mont Foucat au voisinage du col d'Aigotorto).

Dans le massif gneissique de la frontière, la tourmaline est moins abondante ; on la rencontre cependant en plusieurs points et particulièrement dans les granulites de la montée du lac Naguille (remarquables phénomènes d'écrasement), aux environs d'Ax et spécialement au delà du pont de la Barduquette sur la route d'Espagne ; dans la vallée d'Orlu, je l'ai trouvée au confluent de l'Oriège et du ruisseau

de Baxouillade dans une pegmatite à albite, riche en cristaux de grenat rose saumon et en béryl ; les cristaux d^1 (11$\bar{2}$0), e^2 (10$\bar{1}$0), p (10$\bar{1}$1) y sont quelquefois très nets.

On trouve aussi la tourmaline en fines aiguilles soyeuses noires accompagnant l'andalousite dans les filons et les glandules de quartz des schistes micacés de la même région (environs d'Ax, Ascou, Savignac, etc.).

Sur la rive gauche de l'Oriège, ainsi qu'à Petches, près Ax, j'ai découvert la tourmaline dans les fissures d'une péridotite à hornblende. Elle y constitue de grandes aiguilles divergeant souvent d'un centre, et recouvre parfois des surfaces de plus d'un mètre carré ; cette tourmaline me semble due à des phénomènes de fumerolles, en relation avec les granulites fréquentes dans le voisinage ; elle est donc analogue à celle qui a été indiquée plus haut dans le gabbro du Pallet.

Dans les environs de Quérigut, on peut citer les pegmatites de Campoussy, de Saint-Martin, de Planèze dans lesquelles j'ai vu des cristaux (e^2 d^1 p) recueillis par M. Carez.

Pyrénées-Orientales. La tourmaline n'est pas rare dans la granulite de cette région et notamment dans celle du Canigou (pic des Sept-Hommes).

Aude. Dans les filons de quartz de pegmatite des environs de Saint-Féréol (N. Boubée), dans ceux de Bessède (M. Roussel).

Montagne-Noire. — *Tarn*. De Boucheporn a signalé (*Explic. Carte géol. Tarn* 1848, 15) l'existence de cristaux de tourmaline noire dans des filonnets de granulite qui existent sur les hauteurs dominant au sud la ville de Brassac. Les cristaux atteignent plusieurs centimètres de diamètre et sont généralement très nets ; de petits cristaux de tourmaline rose ainsi que des grenats auraient été trouvés dans le même gisement. « C'est, ajoute l'auteur cité plus haut, une localité intéressante pour les amateurs de minéralogie. » La tourmaline se développe dans les schistes cristallins du voisinage de la granulite.

Peut-être est-ce de ce gisement que proviennent de très jolis cristaux de tourmaline que j'ai trouvés dans plusieurs vieilles collections avec la seule indication de « Montagne-Noire ». Ils ne dépassent pas $0^{cm}8$, et tapissent les druses d'une granulite rose : ils sont accompagnés de petits cristaux de quartz hyalin. Par l'éclat de leurs faces et la netteté de leurs formes, ils rappellent les beaux cristaux de Pierrepoint. Leurs faces prismatiques sont les suivantes : d^1 (11$\bar{2}$0),

e^2 $(10\bar{1}0)$ (très réduites) et presque toujours hémièdres; un des sommets est constitué par p $(10\bar{1}1)$ avec traces de b^1 $(01\bar{1}2)$ toujours ternes, tandis que le sommet opposé à faces brillantes présente e^1 $(02\bar{2}1)$, p $(10\bar{1}1)$ et parfois d^2 $(21\bar{3}1)$. Cette dernière forme n'est jamais complète et n'est guère représentée que par une ou deux très petites faces.

La tourmaline se rencontre dans un grand nombre d'autres gisements du Tarn. MM. Bergeron et Caraven Cachin m'ont signalé les suivants : dans les gneiss et granulite à Mazamet, Lacabarède, Lespinassière, Hautpoul, Auxillon, Brettes, les Vaissières, au moulin de la Resse, à Aiguefonde, Souilhols, Lampry, au Saumail, aux environs de Verdun, Lacaune, à Rialet (tourmaline rose), Anglès, Lazières, Carabit, au bois de la Lauze près Murat; dans les micaschistes de Labecède, etc.

Plateau Central. — *Aveyron.* Dans les granulites entre Campnack et Villecontat ; gros cristaux noirs dans les pegmatites d'Entraygues près Espalion.

Lozère. Dans la granulite à grains fins d'Albaret Sainte-Marie ; cette tourmaline forme de petites aiguilles montrant en lames minces de remarquables auréoles pléochroïques; dans les pegmatites des environs de Fournels et notamment à Saint-Juéry.

Haute-Loire, Pascal (*Géol. du Velay*, Paris, 1865) signale la tourmaline dans les granulites de Fix, Chanteuges, La Rouveyre, Chassignoles, Chazelles Haut, Alleyras, Saint-Privat d'Allier. Les plus beaux cristaux engagés dans la muscovite ont souvent leurs deux sommets.

Le même minéral se rencontre dans un grand nombre de gisements et notamment à Saint-Jean-de-Nay, Vernassal, Lorlange, Chadecole en Blesle, Lempdes, la Chaise-Dieu. Dans ce dernier gisement, les cristaux de très grande dimension sont associés au grenat et à l'apatite en prismes hexagonaux atteignant 1 ^{cm} de longueur (Gonnard, *B.S.M.* VII. 65. 1885). Dans cette région, il n'est pas rare, d'après M. Boule, de rencontrer des filonnets entièrement constitués par du quartz et de la tourmaline. A Jaziade, près de Saint-Ilpize, le même savant m'a indiqué un cristal de tourmaline verte et rouge atteignant un centimètre de longueur. Il provient d'une région riche en amphibolites.

Cantal. Bouillet (*Description de la Haute-Auvergne*) signale les gisements de tourmaline suivants: grande côte de Massiac (dans filon de quartz) sur la route de Saint-Flour, et sur la même route au versant

méridional du plateau de Flageolle ; côte de Laneau sur la route de Saint-Flour à Chaudesaigues, Besserettes, Sansac.

M. Fouqué a observé de gros cristaux atteignant 4 à 5 ^{cm} dans un grand filon de quartz laiteux à Marcolès et à la Vialle en Champagnac. Le même minéral se rencontre dans la granulite rose de Laroquebrou, dans les pegmatites de Molompize, d'Auriac l'Eglise, de Saint-Marc, des environs de Siran et de Glenat. Dans ce dernier gisement, on exploite pour l'empierrement des routes des blocs de quartz renfermant d'énormes agrégats de tourmaline. Enfin M. Rames m'a signalé la tourmaline dans les pegmatites à grands éléments du plateau de Saint-Mary-le-Plain et de Saint-Poncy (notamment à Sal-Bas). Dans ce gisement, M. Fouqué m'a indiqué des cristaux atteignant 1 m. 20 suivant l'axe vertical avec un diamètre de 0 m. 40.

Corrèze. La tourmaline est très abondante dans les pegmatites et filons de quartz de Meymac, de Saint-Yrieix-le-Dejalat, de la route de Saint-Yrieix à Combrossol, sur les plateaux situés au nord d'Egletons ; dans les granulites perçant les amphibolites de Dammiat à 5 km. de Brives et dans les pegmatites de la même région ; dans des granulites à l'est d'Argentat, dans les micaschistes granulitisés au sud de la Bitraque, sur la route d'Argentat à Beaulieu et dans les micaschistes de Neuvic.

Haute-Vienne. La tourmaline est plus ou moins abondante dans la granulite de la chaîne de Blond ; on la trouve notamment à Vaulry, à Cieux près du hameau de Moussac ; elle s'y rencontre avec cassitérite, mispickel et or natif (M. Mallard, *A. M.* 6e série X. 326). A Saint-Léonard, elle forme dans le quartz des agrégats constitués par de très fines aiguilles noires imprégnées d'oxyde de fer (M. Mallard).

Je dois à l'obligeance de M. Besnard du Temple de très jolis cristaux transparents de tourmaline verte, tout à fait comparables par leur couleur à ceux du Brésil. Ils proviennent de la carrière de la Vilate, à Chanteloube. Ils sont parfois engagés avec orthose et muscovite dans du quartz translucide, un peu enfumé. La plupart des cristaux que j'ai examinés sont englobés dans une argile grise teintée de rose ; ils sont alors brisés ; les prismes d^1 $(11\bar{2}0)$, $^{1/2}e^2$ $(10\bar{1}0)$ et plus rarement k $(41\bar{5}0)$ sont extrêmement cannelés ; souvent les cristaux sont triangulaires par suite de la prédominance de trois faces e^2. Les cristaux sont terminés par le rhomboèdre p $(10\bar{1}1)$ et le scalénoèdre d^2 $(21\bar{3}1)$ toujours présent ; tantôt celui-ci montre le même développement que

le rhomboèdre p, les cristaux ont alors la forme représentée par la fig. 11, tantôt, au contraire, il existe seul, et les cristaux à sommets aigus (fig. 10) rappellent la forme qui est fréquente dans les tourmalines d'Auburn (Maine). Les propriétés optiques des cristaux de la Vilate ont été données plus haut. Ces cristaux fondent très facilement en un émail noir.

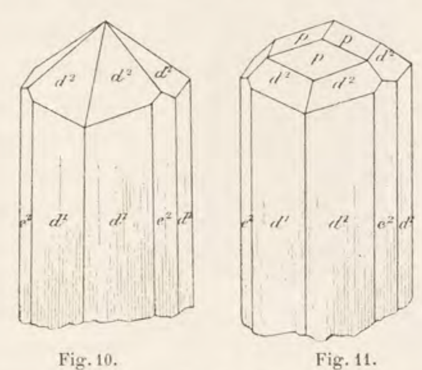


Fig. 10. Fig. 11.
Tourmaline de la Vilate.

Creuse. La tourmaline a été observée dans la granulite à mispickel de Forgeas près Saint-Dizier, dans les pegmatites kaolinisées de Rapissat près Saint-Dizier et de Bonnefond près Bourganeuf (communication de M. Glangeaud); M. Gautier me l'a signalée dans les pegmatites entre la Villate et Saint-Sulpice le Gueretois, dans celle du bois de l'Age, sur la route du Grand-Bourg à Chamborant, de Montbrade et de Saint-Laurent près Guéret.

Puy-de-Dôme. Les pegmatites avoisinant le château de Chadieu, près Authezat, ont fourni des cristaux dépassant 10^{cm} de longueur sur 3^{cm} de diamètre; d'énormes cristaux ont aussi été trouvés dans le quartz de pegmatite des environs d'Olliergues; gisements très nombreux dans la granulite, la pegmatite et le quartz de pegmatite à Berzet (au-dessus du ravin de Ceyrat), dans la tranchée du chemin de fer de Vichy à Ambert, à Thedde, Saint-Genès, Champanelle, au Puy Girou, à Arlanc, à Dore-l'Église, à la Pradelle (au-dessus de Volvic), à l'ouest de Combronde, à Ardes, etc.

M. Gonnard a trouvé à Roure près Pontgibaud la tourmaline associée à l'apatite dans une pegmatite à orthose rougeâtre (*B. S. M.* V. 269).

Bouillet indique des cristaux nets de tourmaline dans les sables des ravins de Perrier près Issoire. Le même auteur a signalé des aiguilles de tourmaline dans les basaltes du Mont-Dore; la substance qu'il désigne ainsi doit être selon toute vraisemblance rapportée à la hornblende.

Enfin M. Gautier a bien voulu me remettre de très intéressants

échantillons qu'il a découverts à Chaludet, à l'ouest de la Celle. Ils sont constitués par des pseudomorphoses d'orthose en tourmaline. La roche qui les renferme est une microgranulite à grain fin (*elvan*). Les grands cristaux d'orthose offrant en général les formes rectangulaires p (001) g^1 (010), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) dominantes ont localement disparu. Leur place est occupée par de la tourmaline brunâtre fibreuse divergeant souvent d'un centre comme le montre la fig. 12 qui représente un cristal dessiné grandeur naturelle. Il existe fréquemment de petites géodes dans lesquelles je n'ai pu distinguer des cristaux nets. Au microscope, on constate que cette tourmaline pléochroïque dans les teintes jaune brunâtre et bleu est associée à du quartz. La structure de cette association minéralogique rappelle celle de la *luxulianite* du Cornwall. Il existe en outre un peu d'apatite, des rosettes de mica blanc et de chlorite.

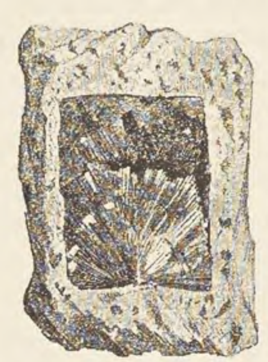


Fig. 12.
Pseudomorphose d'orthose en tourmaline.

La formation de ces pseudomorphoses doit être attribuée à des phénomènes de fumerolles analogues à ceux qui ont donné naissance aux pseudomorphoses d'orthose en cassitérite du Cornwall.

Loire. Grüner a signalé (*Descript. minér. de la Loire*, 1857) de grands cristaux cannelés de tourmaline dans les pegmatites entre Sorbiers et Valfleury ainsi qu'à Montbrison ; dans le quartz des pegmatites des environs de Molières, au N.-O. d'Essertines (cristaux bruns bacillaires) ; à Chagnon près Rive-de-Gier (grands prismes noirs), aux environs d'Albuzy.

M. Termier m'a indiqué le même minéral en cristaux nets dans la pegmatite injectant le gneiss à la Croix de Montvieux (massif du Pilat), dans la pegmatite à biotite du Pont de la Sumène, près Saint-Victor-Malescours (cristaux petits, mais très nets dans les glandules granu, litiques des gneiss de l'étang de Couzon près Rive-de-Gier.

Rhône. La tourmaline est extrêmement abondante dans les granulites et gneiss granulitisés du Lyonnais ; les cristaux parfois très volumineux présentent rarement des formes déterminables).

Les seuls cristaux transparents que je connaisse dans cette région proviennent des environs de Mornant ; ils m'ont été communiqués par le frère Euthyme. Ce sont de petites aiguilles vert jaune ayant environ

6^{mm} de longueur; elles sont engagées dans une masse de quartz hyalin un peu trouble par place. Un des côtés de l'échantillon est recouvert de cristaux de quartz; la tourmaline est appliquée sur eux ou pointe dans la cavité ; ses cristaux sont très fortement cannelés, ils sont analogues comme gisement à ceux de la Vilate décrits plus haut.

A Montagny, les cristaux de tourmaline dépassent parfois un mètre de plus grande dimension sur 0^{m}40 de diamètre. Ce sont des prismes fortement cannelés et groupés en grand nombre à axes plus ou moins parallèles. Ils se trouvent dans une pegmatite à quartz rose : de gros cristaux ont été aussi trouvés à Verchery près Soucieux en Jarrest, dans les environs d'Orliénas, avec grenat.

A Francheville près Lyon, Drian signale des gerbes palmées de tourmaline atteignant 0^{m}50 de plus grande dimension.

M. Michel Lévy m'a indiqué de très gros cristaux du même minéral à la Ronce en Coise. On le trouve aussi à Saint-Bonnet-le-Froid, au fort Saint-Jean à Lyon. Dans ce dernier gisement, de même qu'à Francheville, Fournet a remarqué autrefois que la tourmaline était localisée dans le quartz des filons de pegmatite dont les salbandes sont exclusivement feldspathiques.

M. Gonnard a signalé la fréquente association de l'apatite à la tourmaline à l'île Sainte-Barbe, à Beaunan, à Irigny, à Sainte-Foy, etc. ; on la retrouve dans les mêmes conditions à la Maison-Blanche près Vaugneray, à Malataverne près Messimy.

Enfin le même minéral se rencontre en cristaux ou en houppes fibreuses dans les glandules des gneiss granulitiques vis-à-vis l'île Barbe, etc.

Drian signale d'après Thiollière (*op. cit.*, 509) l'existence de la tourmaline verte dans les pegmatites que l'on rencontre sur le chemin de Chaponost à Saçugny.

Saône-et-Loire et Côte-d'Or. Les gneiss granulitiques du Morvan ainsi que les granulites et les pegmatites qui les traversent et les injectent sont très riches en tourmaline atteignant souvent de très grandes dimensions. Le gisement le plus important à signaler est celui du parc de Montjeu près Autun. La tourmaline s'y rencontre engagée dans le quartz gras d'une pegmatite à très grands éléments, riche en grenat, en béryl et en muscovite ; les cristaux sont très cannelés et ne présentent souvent aucune face mesurable dans la zone verticale. Les sommets à faces nettes sont généralement formés par p $(10\bar{1}1)$; e^1 $(02\bar{2}1)$;

p, e^1 ; ou pb^1 (01$\bar{1}$2), (fig. 13). On peut encore citer les gisements suivants : Morlet, Marmagne, Saint-Symphorien-de-Marmagne, Mesvres, Broye, Luchet près Le Creusot, Saint-Pierre-de-Varennes, La Tagnière, etc. Dans tous ces gisements, la tourmaline est noire, fréquemment brisée et ressoudée par du quartz. Au moulin Petit près Cressy-sur-Somme, on trouve parfois la tourmaline noire en cristaux noirs peu nets, dans des géodes tapissées de cristaux de quartz (filons de quartz de pegmatite).

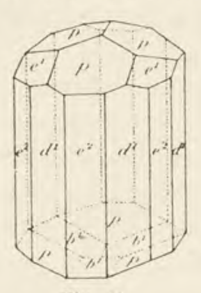


Fig. 13.
Tourmaline de Montjeu.

M. Michel Lévy a décrit (*B. S. M.* VI. 326. 1883) un curieux gisement de tourmaline bleue aux environs de Chapey près Marmagne (chemin allant de la Croix-Blanchot à Chapey près des hameaux des Naudiots et des Lartault). Dans cette localité, le gneiss gris est traversé par des veines minces de pegmatite rose associées à des veinules bleu lavande ne dépassant pas quelques centimètres.

L'examen microscopique de ces veinules bleues montre qu'elles sont constituées par un mélange de tourmaline bleue, d'orthose et de quartz ; tous ces minéraux sont brisés ; la tourmaline forme le ciment ; ses fragments sont parfois si petits qu'ils agissent à peine sur la lumière polarisée. Il existe un peu de vermiculite secondaire. Ces veinules peuvent être considérées comme des sortes de brèches de friction microscopiques.

Vosges. — *Vosges*. Delesse a signalé (*A. M.* 4e série XVI. 97) de gros cristaux de tourmaline dans les pegmatites de Saint-Étienne. Le Dr Carrière, MM. Vélain et Kampmann ont décrit ou m'ont indiqué le même minéral à Gérardmer, aux Xettes, à Tendon, à Ranfaing, aux Arrentès de Corcieux, à la Croix-aux-Mines, à Saint-Nabord (très abondante dans les pegmatites), à l'étang d'Huchère près Remiremont (avec mica palmé) ; dans les gneiss granulitiques à Saint-Nabord, à l'étang d'Huchère, à la Béheuille, au Chipal, à Lusse, à Combrimont et à Lubine.

[*Alsace*] Dans les gneiss et les granulites, à Sainte-Marie-aux-Mines, aux environs de Thauvillé, dans la vallée de Darmbach au Hohlandsberg près Colmar, aux environs de Guebwiller (Delbos et Köchlin. *Descrip. géol. et min. du Haut-Rhin*). M. Daubrée a signalé

(*Descrip. géol. et min. du département du Bas-Rhin* 1852. 418) dans les pegmatites des gneiss d'Urbeis des cristaux de tourmaline brisés et ressoudés par du quartz.

Alpes. — *Savoie et Haute-Savoie.* Cristaux volumineux, mais sans sommets, dans les pegmatites du lac Cornu et des Poyettes, près Chamonix et à la Tête-Rouge du Brévent. M. Brun me l'a signalée dans le quartz des pegmatites de l'aiguille du Tour (3400^m). M. Michel Lévy en a indiqué (*B. C. F.* III n° 27. 33. 1891) de gros cristaux dans les granulites injectant les schistes micacés de la crête dominant le col de Tricot (versant occidental du Mont-Blanc); dans les filons de granulite perçant le granite de Vallorsine, etc.

Isère. Lévy a décrit et figuré (*Descrip. coll. Heuland Atlas* pl. XXXVIII, fig. 2) un cristal de tourmaline incolore de la forme d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$, p $(10\bar{1}1)$, accompagnant le quartz et l'anatase sur une diorite (amphibolite) du Dauphiné; il est possible que l'échantillon en question doive être rapporté à la phénacite de même que le cristal décrit autrefois par M. Marignac (Voy. à *phénacite*).

Héricart de Thury, dans sa description des minéraux de Chalanches près Allemont (*J. M.* XX. 58. 1806), indique l'existence de beaux cristaux de tourmaline dans une granulite rencontrée dans d'anciennes recherches faites sur le filon de Lafare. Les cristaux atteignent plusieurs centimètres de diamètre constituant parfois des masses cylindroïdes. D'après les indications de l'auteur, il semble que les cristaux de ce gisement présentaient les formes suivantes : e^2, d^1, p, e^1, b^1, a^1.

Maures et **Esterel.** — *Var.* Dans les Maures, la tourmaline est assez abondante. Dans les environs de Sainte-Maxime et de la Garde Freinet, M. Segond m'a indiqué des cristaux de ce minéral atteignant plusieurs centimètres. On le rencontre en petits cristaux nets dans les micaschistes à minéraux de la Verne, des environs de Campeaux, de Collobrières, à la Molle, à l'île du Levant, avec disthène, staurotide et grenat.

Dans l'Esterel, M. Wallerant indique la tourmaline dans les granulites au nord de Bagnols.

Corse. — La tourmaline existe dans les granulites et les schistes cristallins de la Corse, mais je n'ai aucune indication précise de gisement.

Algérie. — *Oran*. M. Pouyanne m'a indiqué l'existence de belles tourmalines noires dans un petit îlot de granulite au milieu des schistes anciens du territoire de Beni-Bou-Saïd. Le même minéral se trouve dans la granulite perçant le granite de Nedroma, au sud de Nemours.

Alger. Je dois à l'obligeance de M. Delage une véritable roche de tourmaline formée de très petites aiguilles noires dont le polychroïsme a été étudié plus haut ; elle se trouve dans les schistes cristallins a l'Agha, près Alger (Delage, Sahel d'Alger).

La collection du Muséum renferme de gros cristaux d^1, e^2, p, recueillis par M. Renou dans les pegmatites du boulevard Bon-Accueil à Alger (Mustapha), ainsi que de gros cristaux brisés provenant des pegmatites de Bouzareah, à l'ouest d'Alger.

La collection de l'école des Mines possède un échantillon d'une roche à tourmaline microcristalline provenant de la route du Fort national au col de Tirourda (Kabylie).

Constantine. D'après M. Parran (*B. S. G.* 3e série. XI, 507. 1883) la tourmaline est abondante dans les filons de quartz des pegmatites traversant les gneiss du massif de l'Edough près Bône : elle se développe aussi dans les gneiss granulitiques de la même région.

MM. Curie et Flamand indiquent le même minéral aux environs de Djebel Filfila en deux points, l'un vers l'embarcadère Lesueur, l'autre au viaduc de la route nouvelle d'Aïn Mokra.

Nouvelle-Calédonie, — La tourmaline existe à la Nouvelle-Calédonie dans les micaschistes et dans les filons de quartz les traversant. L'exposition permanente des colonies renferme un échantillon provenant du Mont d'Or recueilli par M. Garnier.

Guyane. — Dans les sables aurifères de l'Approuague en fragments roulés. Des cristaux et des masses fibreuses de tourmaline engagés dans des pegmatites provenant de la Guyane ont été envoyés à l'Exposition de 1878 sans désignation plus précise.

Madagascar. — Depuis fort longtemps, on exporte de Madagascar, en même temps que le quartz hyalin employé pour l'optique, des cristaux de tourmaline de couleurs très variées.

Jusqu'à présent aucun renseignement n'a été fourni sur leur gisement exact par le petit nombre d'auteurs qui ont eu l'occasion d'étudier Madagascar au point de vue géologique. (Voir *Supplément*. T. IV. p. 686).

M. Grandidier a bien voulu me donner quelques indications précieuses à ce sujet. Je dois à son obligeance un fragment de granulite renfermant de petits cristaux de tourmaline ($^1/_2$ e^2, d^1, p, e^1, a^1) ; il provient des bords de la Manandona ; cette rivière contourne le massif du mont Bity (20° 6′ de latitude S. et 44° 39′ long. E. ; à 140 km. dans le Sud 25° O. d'Antananarivo : altitude 2260) et se jette peu après dans le Mania. M. Grandidier a vu la tourmaline en grande abondance dans la vallée de la Manandona et dans la partie de la vallée de la Mania, qu'il a explorée, à l'est du confluent de ces deux rivières.

D'après le même savant, elle se trouve dans les mêmes conditions (granulites, pegmatites et quartz de pegmatites) sur le versant ouest du massif central à 1.800 m. E. de la halte d'Amboasary (20° 49′ lat. S. et 43° 25′ long. E.).

Comme, d'autre part, la province centrale de Madagascar (prov. d'Imérina, capit. Tananarive) est constituée en grande partie par des schistes cristallins (*gneiss*, *micaschistes*, *cipolins*) au milieu desquels les granulites et les pegmatites sont abondantes, il y a lieu de penser que ce sont ces dernières roches qui ont fourni les beaux échantillons qui arrivent en Europe. Ces cristaux de tourmaline sont rarement intacts, ils sont souvent arrondis et n'adhèrent à aucune gangue ; ils ont dû, au moins en partie, être recueillis dans des terrains de transport résultant de la désagrégation des roches indiquées plus haut.

Notons aussi que M. Damour a analysé (*B. S. M.*, IX, 153. 1886) un béryl rose, qui lui a été donné comme provenant de Farafatrana, au nord de Tamatave ; il était accompagné de tourmaline et de triphane rose.

Enfin M. Jannasch a publié l'analyse d'une tourmaline provenant de Tamatave.

Les cristaux de tourmaline noire de Madagascar sont généralement simples de formes, très allongés suivant l'axe vertical, très cannelés sur les faces prismatiques ; d'ordinaire, trois faces e^2 seulement sont développées ; les faces p ($10\bar{1}1$) sont les plus habituelles, elles sont parfois accompagnées de e^1 ($02\bar{2}1$). Ces cristaux dépassent parfois 17^{cm} de longueur sur 10^{cm} de diamètre.

La collection de l'École des Mines (*coll. Adam*) possède un curieux cristal de tourmaline de Madagascar présentant un faciès très différent ; les faces prismatiques sont à peine développées, l'une des extrémités

est formée par le rhomboèdre p (10$\bar{1}$1), tandis que l'autre est constituée par une large base, présentant les cannelures en gradins, parallèles aux côtés, qui font revenir à plusieurs reprises les faces b^1 (fig. 14). Il existe aussi des traces de p qui n'ont pas été indiquées sur la figure.

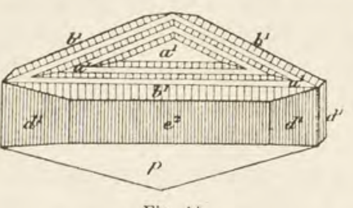


Fig. 14.
Tourmaline de Madagascar.

Les tourmalines hyalines présentent de nombreux types. On y observe toutes les variétés de rouge, rouge violacé, rose, jaune, bleuâtre et vert. Très souvent, les cristaux sont constitués comme ceux du Brésil par des enveloppes concentriques de couleur différente. J'ai pu étudier quelques-uns des échantillons que M. Grandidier a donnés au Muséum. L'un est jaune au centre et rose violacé sur les bords ; dans un autre, le centre, rose, est séparé de la périphérie vert angélique par une mince zone incolore et jaune à l'extérieur. Les indices de réfraction que j'ai donnés plus haut montrent les variations des propriétés optiques dans les cristaux diversement colorés.

Ces tourmalines de couleur claire sont souvent transparentes sous une grande épaisseur et constituent de véritables pierres fines, comparables à celles de Ceylan et du Brésil. Elles arrivent rarement en Europe avec des formes nettes; elles constituent soit des masses cylindroïdes, soit des fragments de cristaux brisés, dont les faces de la zone verticale sont fortement cannelées. Cependant M. Grandidier a donné à la collection du Muséum un superbe cristal transparent rouge foncé, aplati suivant une face prismatique et terminé par le rhomboèdre p (10$\bar{1}$1) ; c'est le plus grand cristal de rubellite que j'ai eu l'occasion de voir jusqu'à ce jour. Un fragment de cristal jaune et rouge montre au sommet les faces a^1, b^1, p.

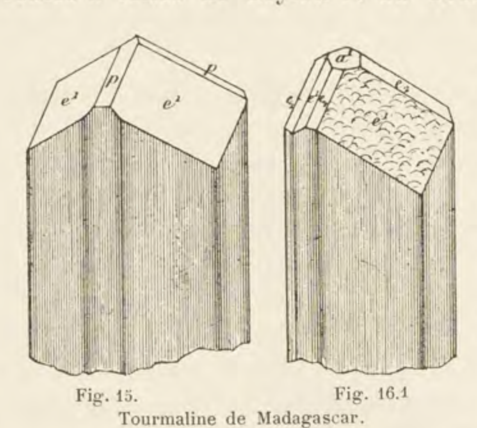


Fig. 15. Fig. 16.[1]
Tourmaline de Madagascar.

1. Par suite d'une erreur de gravure, les symboles des deux faces contiguës e_2 et e^1 de la partie gauche de la figure 16 ont été intervertis.

D'autre part, M. Damour possède dans sa collection deux beaux cristaux : l'un d'eux (fig. 15) est terminé par e^1 $(02\bar{2}1)$ et p $(10\bar{1}1)$; il est d'un beau rose ; le second, rose à une extrémité, est jaune verdâtre à l'autre ; l'extrémité rose est terminée par une large face e^1 ondulée, par une autre face e^1 peu développée et par e_2 $(12\bar{3}2)$ dont 4 faces seulement sont visibles : le cristal, profondément cannelé suivant l'axe vertical, est un peu aplati. Toutes les faces qui devraient se trouver en arrière de la figure 16 manquent complètement.

2° Tourmaline développée indépendamment de l'action des roches granulitiques.

a) *Dans calcaires et gypses sédimentaires.*

La tourmaline de ce genre de gisement s'observe dans les Pyrénées et l'Algérie. Elle est généralement accompagnée de leuchtenbergite, de rutile, de pyrite, parfois de magnétite, de dipyre, d'albite. Elle semble résulter du métamorphisme de calcaire exercé par des sources thermales ayant accompagné la venue des roches ophitiques. Je ne crois pas toutefois que ces dernières roches aient joué un rôle actif dans la production de ces minéraux ; elles ont plus vraisemblablement précédé la venue de ces sources thermales qui les ont souvent modifiées elles-mêmes plus ou moins profondément (développement de quartz, hématite, altérations profondes, etc.),

Les tourmalines de ces gisements sont magnésiennes, souvent transparentes (incolores, vertes ou brunes de diverses nuances) et toujours en cristaux nets, généralement bipyramidés et montrant bien l'hémimorphisme caractéristique de la substance. Les formes sont plus complexes que dans les tourmalines des granulites. C'est là que nous trouvons toute une série de formes rares. Les cristaux ne sont jamais très allongés suivant l'axe vertical, ils sont très souvent aplatis suivant la base.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* Dans le courant de l'année 1878, M. des Cloizeaux a eu l'occasion d'étudier de jolis cristaux de tourmaline brune achetés par M. E. Frossard comme provenant de la région des Eaux-Bonnes. M. des Cloizeaux y découvrit une série de faces nouvelles $w = e_{2/9}$ $(7.11.\bar{18}.2)$, $\pi = e_{1/4}$ $(35\bar{8}1)$, $\varphi = e_{2/5}$ $(3.7.\bar{10}.2)$, $u = e_{5/8}$ $(3.13.\bar{16}.5)$, β $(34\bar{7}2)$, ε $(12\bar{3}1)$, $d^{11/5}$ $(11.5.\bar{16}.6)$. Ces faces étant très petites, arrondies, et, par suite, leurs mesures étant incertaines, M. des Cloizeaux conserva ses observations en carton jusqu'en 1882, époque à laquelle il les communiqua à M. Seligmann qui les a

publiées dans son mémoire sur la tourmaline de Dekalb (*Z. K.* VI, 225 et pl. v, fig, 5). Entre temps, M. des Cloizeaux avait appris que ces tourmalines engagées avec pyrite dans du gypse provenaient des environs de Sainte-Colomme (appelé quelquefois Sainte Colombe). Tous les échantillons de ce minéral ont été recueillis par un marchand de Pau.

Je me suis rendu sur les lieux et j'ai pu m'assurer qu'ils ne proviennent pas de cette localité, mais d'une commune voisine, celle de Lys. L'exploitation, qui les a mis au jour, est actuellement abandonnée par suite d'une inondation.

La tourmaline se trouve soit dans le gypse, soit dans le calcaire ; elle est accompagnée d'une leuchtenbergite à un axe positif et de jolis petits cristaux aciculaires, souvent maclés, de rutile.

De beaux octaèdres de magnétite ont été également trouvés dans le calcaire, mais ils ne se rencontrent pas dans les mêmes échantillons que la tourmaline.

La même carrière a fourni aussi de grands cristaux transparents de gypse, des cristaux de sphène, de grenat jaune, de quartz, d'oligiste. Ces quatre derniers minéraux tapissent les fissures d'une roche ophitique altérée.

Les tourmalines de ce gisement, malheureusement épuisé, sont les plus intéressantes que l'on ait trouvées en France.

Les nombreux cristaux que j'ai eu l'occasion d'étudier m'ont été communiqués par MM. des Cloizeaux, Frossard, Gourdon et de Gramont.

Ils se rapportent tous au même type : ils sont peu allongés suivant l'axe vertical, ou même souvent aplatis suivant la base. Dans la zone verticale, trois faces e^2 dominent, d^1 est toujours présent, les faces k ($41\bar{5}0$) sont très nettes et très brillantes.

Fig. 17. Fig. 18.

Tourmaline brune de Lys.

M. des Cloizeaux m'a fait remarquer que de même que dans les cristaux de Dekalb décrits par M. Seligman, les faces p du

sommet dépourvues de a^1 (0001) se trouvent au dessus des faces e^2 les plus largement développées. Une des extrémités est généralement constituée par p (dominant) et e^1, l'autre par une large base a^1 accompagnée de p et de b^1 généralement très peu développée.

C'est sur des cristaux ainsi constitués que M. des Cloizeaux a trouvé les faces rares énumérées plus haut. Elles sont généralement arrondies et ne se rencontrent jamais réunies ensemble dans un même cristal.

Les cristaux riches en faces sont petits et très irrégulièrement développés ; les formes compliquées ne s'y trouvent pas complètes.

Les fig. 17 et 18 représentent les projections des deux sommets sur lesquelles ont été réunies schématiquement toutes les formes connues dans ce gisement. On voit que les faces $e^{3}/^{2}$, d^2, $d^{11}/^{5}$ ne se trouvent qu'à l'extrémité présentant la base, alors que toutes les autres faces rares se trouvent au sommet dans lequel le rhomboèdre p domine.

Parmi les cristaux que je dois à l'obligeance de M. de Gramont, il s'en trouve de petits, transparents, dont un des sommets est constitué par les faces p $(10\bar{1}1)$, e^1 $(02\bar{2}1)$, $d^{3}/^{2}$ $(32\bar{5}1)$ à peu près également développées (fig. 19). Ces cristaux ressemblent beaucoup à ceux de Gouverneur.

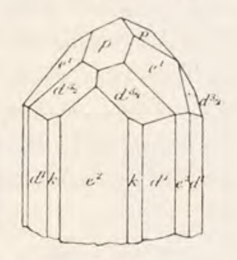


Fig. 19.
Tourmaline de Lys.

Indépendamment des formes qui ont été énumérées plus haut, j'ai observé un certain nombre de faces qui semblent nouvelles, mais qui sont trop arrondies pour qu'il soit possible de les déterminer avec certitude.

Les plus grands cristaux que j'ai eu l'occasion d'observer ont 3cm de diamètre sur 1cm 5 de hauteur. Ils m'ont été communiqués par M. de Gramont.

Ariège. M. des Cloizeaux a signalé en 1862, dans son *Manuel* (p. 511), des cristaux de tourmaline dans le gypse d'Arnave, près Tarascon. Les cristaux recueillis à cette époque sont bruns, fragiles ; ils présentent les formes d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$; l'une de leurs extrémités est formée par p $(10\bar{1}1)$, l'autre par p et a^1 (0001) généralement réduite à une petite facette. Ils sont engagés dans une leuchtenbergite à axes très rapprochés (bissectrice positive).

J'ai examiné à plusieurs reprises depuis quatre ans la carrière de gypse d'Arnave ; j'y ai rencontré la tourmaline dans des lits minces ou dans des nodules dans lesquels elle abonde en cristaux dépassant rarement

8^{mm}. Le gypse de ce gisement résulte de l'hydratation d'anhydrite, formée elle-même par la sulfatisation de calcaires (probablement triasiques), riches en minéraux métamorphiques (*dipyre*, *amphiboles*, *chlorites*, *pyrite*, etc.), qui seront étudiés à leurs chapitres respectifs et qui se trouvent aussi bien dans les calcaires que dans les sulfates.

La tourmaline est facile à dégager de sa gangue, surtout lorsque celle-ci est hydratée. Elle existe souvent seule ou associée à un peu de leuchtenbergite. Dans d'autres cas, elle est accompagnée par de l'actinote. Les cristaux sont d'autant plus gros qu'ils sont plus rares.

En 1891, j'ai observé dans le gypse un banc mince de quelques centimètres d'épaisseur constitué par une roche jaune verdâtre s'écrasant sous la pression du doigt et donnant une poussière à aspect terreux. L'examen au microscope montre qu'elle est uniquement constituée par des cristaux bipyramidés de tourmaline ayant moins de $0^{mm}20$ associés à de petites aiguilles d'actinote. Ces petits cristaux de tourmaline ont la même forme que les cristaux plus gros. Je ne crois pas que l'on ait jamais rien signalé de semblable.

Tous mes cristaux sont transparents, d'un brun jaune foncé, analogues à ceux de Lys ; leurs formes sont toujours les mêmes, ils sont très aplatis suivant la base. Ils présentent dans la zone verticale d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$ et souvent k $(41\bar{5}0)$. Un des sommets est constitué par p $(10\bar{1}1)$, avec ou sans e^1 $(02\bar{2}1)$, l'autre par a^1 (0001) très développé avec p et souvent de très petites facettes b^1 $(01\bar{1}2)$.

Fig. 20.
Cristal de tourmaline écrasé et brisé du marbre de Saint-Béat.

Haute-Garonne. M. Gourdon a découvert des cristaux de tourmaline chromifère dans le calcaire saccharoïde jurassique de Saint-Béat. Ils se rencontrent dans la carrière du pic de Rié (Arié de la carte d'Etat-Major), à droite de la route de Marignac, avant d'arriver à Saint-Béat; j'en ai recueilli aussi un échantillon dans la carrière située au-dessus du bourg : elle est y est très rare. Les cristaux d'un beau vert émeraude atteignent souvent plusieurs centimètres dans la direction de l'axe vertical suivant lequel ils sont allongés. Ils diffèrent donc tout à fait comme aspect de ceux des deux gisements précédents. Ils ont été soumis à des phénomènes dynamiques très violents qui les

ont brisés, aplatis. On les trouve presque toujours réduits en nombreux fragments ressoudés par du calcaire, ainsi que le montre la fig. 20 dessinée d'après un échantillon que m'a donné M. Gourdon. Il est par conséquent très difficile d'observer des formes nettes. J'ai trouvé la base sur un petit cristal, les faces de la zone verticale sont toujours profondément cannelées. J'ai récemment recueilli dans ce gisement de petits cristaux transparents de tourmaline d'un vert moins éclatant que les précédents ; ils sont analogues à quelques-uns de ceux qui vont être décrits en Algérie.

Dans cette même carrière de Rié, on trouve de la *phlogopite*, de la *fuschite*, de la *fluorine*, du *soufre natif*, du quartz, etc.

Algérie. — *Alger*. MM. Nicaise et Montigny ont découvert la tourmaline dans des calcaires secondaires à 4 km. en amont du confluent de l'Oued-Bouman et de l'Oued-Harrach (à 16 km. à vol d'oiseau de Blidah). Ces cristaux ont d'abord été décrits comme *topaze* et *émeraude* par M. Nicaise (*C. R.* XL. 1241. 1855) et par M. L. Ville (*C. R.* XLI. 698. 1855). M. des Cloizeaux, qui a cité ce gisement dans son *Manuel* (p. 505), a bien voulu me communiquer quelques cristaux en provenant. Ils sont extrêmement jolis, dépassant rarement 2 à 3^{mm}. Ils sont tantôt allongés suivant l'axe vertical, tantôt raccourcis et presque lenticulaires. Les formes sont absolument les mêmes que celles des cristaux d'Arnave ; les faces b^1 $(01\bar{1}2)$ y sont seulement plus développées.

Ces tourmalines sont incolores, vertes de différents tons jusqu'au vert émeraude, jaune pâle, ou jaune madère très foncé ; quelques cristaux sont vert émeraude à l'une des extrémités et incolores à l'autre. Le grand développement de trois faces e^2 $(10\bar{1}0)$ leur donne souvent une forme triangulaire analogue à celle de la fig. 6. Les faces sont souvent très nettes.

D'après M. Ville (*C. R. op. cit.* et *Notice minér. sur les provinces d'Oran et d'Alger*. Paris. 1858. 165), ces tourmalines se trouvent aussi bien dans les calcaires que dans les gypses provenant de leur transformation. Suivant le même auteur, ces cristaux seraient en outre connus par les indigènes comme existant dans divers ravins tombant de l'Atlas dans la plaine de la Metidja.

M. Delage a indiqué dans sa *thèse* (Montpellier, p. 153) l'existence du même minéral dans des calcaires des environs du village de l'Arba, non loin de l'Oued-Djemma (affluent de l'Oued-Harrach). Les cristaux

qu'il m'a donnés présentent les mêmes formes que ceux du gisement précédent ; ils sont toutefois plus gros, moins nets et très rarement entiers. Leur couleur est le vert de diverses nuances. Je n'ai observé qu'un seul cristal jaune madère à faces très nettes. J'ai donné plus haut leur densité et leurs indices de réfraction ; ils appartiennent au type magnésien et fondent facilement en un verre blanc laiteux. On les trouve avec pyrite (transformée en oxyde hydraté), petits cristaux de quartz, chlorite blanche positive, rutile et albite (cristaux très rares ayant les formes de ceux des calcaires de Pouzac), dans les parties spathiques d'un calcaire renfermant d'après M. Delage des cristaux allongés et toujours creux de quartz.

Suivant cet auteur, ainsi que d'après MM. Curie et Flamand, les roches renfermant ces tourmalines seraient dues à la transformation de calcaires crétacés. L'origine, sinon l'âge de ces minéraux, serait donc la même que celle des tourmalines de Lys et d'Arnave avec lesquelles, comme nous venons de le voir, ils présentent la plus grande analogie de forme.

3° *Tourmaline développée dans les schistes par métamorphisme général.*

Je rappellerai ici pour mémoire que la tourmaline est extrêmement abondante comme élément *microscopique* des schistes modifiés par métamorphisme général (schistes ardoisiers, schistes à séricite) de Bretagne, du Plateau central, des Ardennes, des Alpes, etc. Elle s'y présente sous forme de très fines aiguilles et parfois de cristaux très nets possédant les propriétés habituelles de la tourmaline. Il est facile de les extraire de ces schistes par l'acide fluorhydrique.

4° *Dans les roches clastiques.*

Enfin la tourmaline se rencontre en cristaux brisés dans les sables de toutes les rivières et de toutes les côtes des régions constituées par les roches anciennes : elle provient alors de la désagrégation de ces dernières.

On la rencontre aussi dans les formations clastiques de toute la série géologique : elle y a une origine analogue.

A ce point de vue, il est intéressant de faire remarquer qu'on la trouve dans des roches sédimentaires parfois très éloignées des massifs anciens. On peut particulièrement citer certains sédiments crétacés du bassin de la Seine.

CARPHOLITE[1]

$H^4 Mn Al^2 Si^2 O^{10}$ (Hintze)

Orthorhombique : *mm* = 111°27′ (Kenngott).

Faciès. La carpholite ne se rencontre jamais en cristaux nets, mais en masses fibreuses constituées par des aiguilles très allongées, groupées en agrégats parallèles ou divergents.

Clivages. Clivage parallèle à l'allongement. Cassures transversales.

Dureté. 5.

Densité. 2.876 (Meuville, de Koninck). 2. 9.

Coloration. Jaune paille, jaune verdâtre ; le minéral est transparent en lames minces. Poussière blanche.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à l'allongement. Bissectrice aiguë *négative* perpendiculaire à l'axe vertical. Les fibres ont donc un allongement positif (trace de n_g) (fig. 1)

$$n_g - n_p = 0,022 \text{ environ.}$$

L'indice médian est d'environ 1,63. L'écartement des axes optiques est variable dans les échantillons des diverses localités, il atteint :

$$2V = 60° \text{ environ.}$$

Fig. 1.

Dans nos *Minéraux des roches*, nous avons, M. Michel Lévy et moi, considéré ce minéral comme monoclinique à cause de l'extinction légèrement oblique que nous avaient présentée quelques lames. L'étude de petites aiguilles de Meuville et de Schlaggenwald me conduisent à considérer le minéral comme réellement rhombique).

Pléochroïsme. La carpholite est jaune en lames minces et possède un pléochroïsme net avec

n_g = incolore
n_m et n_p = jaune d'or.

Le maximum d'absorption a donc lieu transversalement aux fibres. L'intensité de la coloration est variable et, dans la carpholite de Meuville, il n'est pas rare de trouver des aiguilles d'un jaune foncé à l'une des extrémités et incolores à l'autre.

1. Voir Supplément, t. IV, 703, pour la Lawsonite.

Composition chimique. L'analyse suivante de la carpholite de Meuville est due à de Koninck [*Acad. Roy. Belg.* XLVII 564. 1879]:

SiO^2	37.15
Al^2O^3	30.11
Fe^2O^3	2.27
MnO	17.97
MgO	0.41
Alcalis....	0.54
CaO	0.33
H^2O	11.22
	100.00

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, se gonfle en dégageant une lueur rouge, blanchit, puis fond difficilement en un verre blanc transparent. Avec les flux, donne les réactions du fer et du manganèse.

Donne de l'eau dans le tube.

Peu attaquable par les acides.

Diagnostic. La carpholite de Meuville pourrait être confondue avec l'ardennite, surtout quand elle est imprégnée d'oxyde de fer et de manganèse. Les caractères au chalumeau (fusibilité) permettent de la distinguer aisément. Les propriétés optiques sont également caractéristiques (signe positif de l'allongement, etc.).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Plateau central. — *Rhône.* J'ai rencontré la carpholite (*B. S. M.* VII. 461. 1884) en très rares petites aiguilles blanc jaunâtre dans les filons de quartz plombifère de Monsols près Beaujeau, avec cuivre natif, chrysocole, galène, etc.

[**Ardenne Belge**]. — L. de Koninck a décrit (*Ac. Belg.* LXV. 15. 1878 et XLVII. 564. 1879) la carpholite dans les filons de quartz qui se trouvent dans les schistes paléozoïques entre Meuville et Xhierfomont. Elle y forme des masses fibreuses jaunes et des agrégats divergents, localement colorés en noir ou en brun foncé par des inclusions de pyrolusite.

J'ai pu examiner l'échantillon donné par ce savant à l'École des Mines; c'est sur ce spécimen que j'ai étudié les propriétés optiques données plus haut.

BERTRANDITE[1]

$H^2 Gl^4 Si^2 O^9$

Orthorhombique : $mm = 121°20'$ (Bertrand)

$b : h :: 1000 ; 511,814$. $D = 871,784$. $d = 489,889$

$[a : b : c = 0,56193 : 1 : 0,58709]$

Formes observées : p (001), m (110), h^1 (100), h^2 (310), g^1 (010), g^2 (130), e^1 (011), $e^{1/3}$ (031).

Macles. Des macles peu fréquentes avec angle rentrant voisin de 60° s'observent avec g^2 (130) ou $e^{1/3}$ (031) pour face d'association.

	Angles calculés.	Angles mesurés.
mm	121°20'	121°20' ; 121°22' (Lx.)
mh^1	150°40'	
mh^2	161°16'	161°10' (Lx.)
mg^1	119°20'	119°19' (Lx.)
mg^2	150°1'	150° (Bertrand)
h^1h^2	169°23'	
h^1g^2	120°41'	120°3' (Dx.)
h^2h^2 (sur h^1)	158°47'	
h^2g^2	131°17'	
h^2g^1	100°37'	
g^2g^2 (sur h^1)	61°21'	61°10' (Lx.)
g^2g^1	149°19'	149°41' (Dx.)
pe^1	149°35'	149°24' (Lx.)
$pe^{1/3}$	119°35'	
e^1e^1 (sur p)	119°10'	
e^1g^1	120°25'	120°25' (Bertrand)
$e^1e^{1/3}$	150°	
$e^{1/3}e^{1/3}$ (sur p)	59°10'	
$e^{1/3}g^1$	150°25'	

Faciès des cristaux. Les faces p (001) sont brillantes et possèdent un éclat nacré très vif ; elles sont parfois striées parallèlement à l'arête $p\ g^1$ (001) (010) ; les faces g^1 (010) sont brillantes et possèdent l'éclat vitreux ; les faces m (110) et parfois les autres faces de la zone verticale portent des stries parallèles à leurs intersections mutuelles.

Les cristaux sont toujours aplatis, tantôt suivant p (001) (fig. 2, 8 à 11), tantôt suivant g^1 (010) (fig. 3 à 6) ; souvent, en outre, ils sont allongés suivant l'arête $p\ g^1$ (001) (010) (fig. 10 et 11). Ces deux aplatissements différents, joints à l'inégal développement des faces de la zone verticale, donnent des faciès très variés aux cristaux provenant des divers gisements.

D'après les observations de M. Penfield sur la bertrandite américaine, ce minéral est *hémimorphe* par rapport à l'axe vertical et *pyroélectrique* :

1. Voir *Supplément*, t. IV, 706.

les cristaux français que j'ai eus entre les mains ne m'ont pas permis de vérifier avec exactitude cette observation.

Clivages. La bertrandite possède des clivages suivant p (001), h^1 (100), g^1 (010), m (110) plus ou moins faciles et se présentant soit ensemble, soit séparément dans les cristaux de certaines localités particulières étudiées plus loin.

Dureté : 6 environ.

Densité : 2.586 (Barbin, *Damour*), 2.593 (Petit Port, *Bertrand*), 2.594 (La Chapelle-s.-Erdre), 2.601 (La Villeder).

Coloration. Incolore ou jaunâtre. Éclat vitreux, éclat nacré sur p (001). Poussière blanche.

Propriétés optiques, Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë négative perpendiculaire à h^1 (100). Dispersion faible avec $\rho < \nu$.

Les cristaux français sont trop petits pour se prêter à la mesure des indices. Nous avons obtenu, M. Michel Lévy et moi, pour les cristaux du Mont Antero (Colorado), les valeurs suivantes (Na) :

$$\mathbf{n}_g = 1.611$$
$$\mathbf{n}_m = 1.593$$
$$\mathbf{n}_p = 1.588$$

Fig. 1. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

La biréfringence maximum (n_g — n_p) est donc de 0,023.

L'écartement des axes est grand ; pour le jaune, on a :

$$2\,\mathbf{V} = \begin{cases} 74°51' & \text{Barbin (Bertrand)} \\ 76° & \text{La Chapelle-s.-Erdre (Lx)} \end{cases}$$

Composition chimique. La formule donnée plus haut correspond bien aux données de l'analyse suivante due à M. Damour (*B. S. M.* VI. 252. 1886).

SiO^2......	49.26
GlO.......	42.00
Fe^2O^3.....	1.40
H^2O......	6.90
	99.56

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, la bertrandite est infusible,

mais devient blanc opaque. Dans le matras, au rouge naissant, le minéral reste transparent sans perdre d'eau. Ce n'est qu'au rouge orangé qu'il perd 6 à 7 °/₀ de son poids en devenant blanc opaque. L'eau dégagée est faiblement acide et ne dépolit pas le verre.

Insoluble par les acides.

Altérations. La bertrandite n'est jamais épigénisée par d'autres minéraux. La teinte jaunâtre que présentent parfois quelques cristaux est due à de la limonite ayant imbibé le minéral. Un traitement rapide à l'acide chlorhydrique suffit à les purifier.

Diagnostic. L'éclat nacré de la face *p* (001) permet de reconnaître aisément le minéral dont les formes sont en outre assez caractéristiques. Les propriétés optiques permettent de le distinguer de certaines zéolites et de la muscovite quand il est réduit aux faces *p m* (001) (110). La face g^1, en effet, offre en lumière polarisée parallèle une extinction parallèle à ses côtés avec signe négatif suivant l'arête $p\ g^1$; elle est parallèle au plan des axes optiques. La face *p* (001) est perpendiculaire à la bissectrice obtuse positive avec axes optiques très écartés (distinction avec une lame *p* de muscovite).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La bertrandite ne constitue jamais un élément de roche. Son gisement exclusif jusqu'à présent réside dans les granulites. Le quartz hyalin, l'apatite, l'albite et l'orthose en cristaux généralement nets l'accompagnent presque toujours (*Loire-Inférieure*). Je l'ai rencontrée dans des filons d'étain (Villeder) où elle s'est formée aux dépens du béryl : à Chanteloube elle est également associée au béryl.

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. C'est dans la Loire-Inférieure que la bertrandite a été découverte. Les premiers cristaux trouvés par M. Baret dans les granulites à Petit-Port près de Nantes, ont été étudiés par M. Bertrand qui, en 1880 (*B. S. M.* III. 96 et 111), les signala comme constituant une espèce nouvelle qui ne put être analysée à cette époque. En 1882, M. des Cloizeaux examina des cristaux d'un nouveau type trouvés par M. Baret à Barbin (Nantes) et établit (*B. S. M.* V. 176) leur identité avec le minéral de Petit-Port. Ce fut l'année suivante que, grâce aux nouveaux matériaux recueillis par M. Baret à Barbin, M. Damour put faire l'analyse de ce minéral rare qu'il dédia à M. Bertrand (*B. S. M.* VI. 252. 1886. Voy. aussi Bertrand, *id.* 248).

Les premiers cristaux découverts à Petit-Port sont aplatis suivant p (001) et présentent en outre les faces m (110) et g_1 (010) (fig. 2) ; ils sont blanc jaunâtre. Quelquefois, ils sont aplatis suivant g^1 (010).

Fig. 2.
Bertrandite de Petit-Port

Les cristaux de Barbin présentent plus rarement la première de ces formes. En général, ils sont aplatis suivant g^1 (010). Tantôt, comme les premiers cristaux décrits par M. des Cloizeaux, ce sont de petites lamelles transparentes très minces p (001), h^1 (100), g^1 (010) (fig. 3), avec parfois e^1 (011) et g^2 (130), cette variété est extrêmement rare ; tantôt les cristaux ont une certaine épaisseur et la face p (001) peut être facilement reconnue à son éclat nacré.

Fig. 3.
Bertrandite de Barbin.

Toutes les formes énumérées plus haut se rencontrent à Barbin. Dans la zone verticale, ce sont les faces m (110) et g^1 (010) qui dominent (fig. 4) ; h^1 (fig. 5), h^2 (310) et g^2 (130) sont plus rares : les faces e^1 (011) et $e^{1/3}$ (031) sont également peu fréquentes (fig. 6).

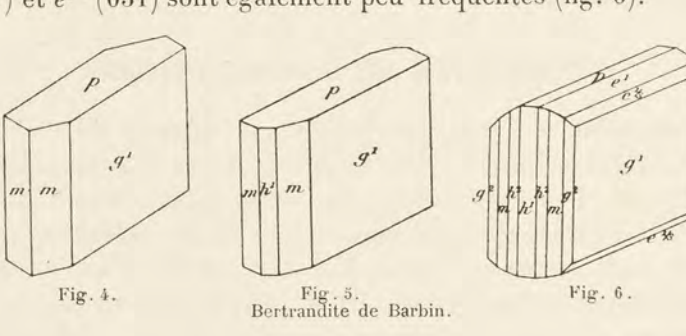


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.
Bertrandite de Barbin.

M. des Cloizeaux a signalé dans ce gisement un macle en cœur suivant g^2 (130) avec un angle rentrant de 60°40′, (fig. 7). M. Bertrand y a trouvé la macle en cœur suivant $e^{1/3}$ (031) représentée par la figure 12.

Fig. 7.
Bertrandite maclée suivant g^2(130)

Le gisement de Barbin est aujourd'hui complètement épuisé.

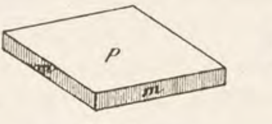
Nous avons signalé, M. Baret et moi (*B. S. M.* XII. 527, 1889), la bertrandite à Orvault, près Nantes. L'unique échantillon étudié forme de petites lames tapissant une cavité grossièrement hexagonale qui semble

avoir été occupée primitivement par un béryl, minéral fréquent dans ce gisement. Les cristaux de bertrandite sont les uns aplatis suivant p (001), les autres suivant g^1 (010) ; leurs formes sont celles que représentent les figures 2 et 4.

Nous avons décrit, M. Baret et moi (*B. S. M.* XIV. 189. 1891), le même minéral à la Chapelle-sur-Erdre au lieu dit la Mercerie, près le pont de la Verrière. Les formes y sont très variées.

Les cristaux sont généralement aplatis suivant p (001) et ne présentent que rarement la forme représentée par la figure 5.

Le type le plus commun et qui, au moment de la découverte de ce gisement par M. Baret, était très rare, est celui qui résulte de la combinaison des faces p (001), m (110) (fig. 8), souvent accompagnée de g^1 (010) qui n'est jamais suffisamment développée pour masquer la forme losangique de ces lamelles (fig. 9).



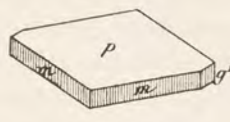


Fig. 8. Fig. 9.
Bertrandite de la Chapelle-s.-Erdre.

Les cristaux sont souvent adhérents à leur gangue par une face g^1 (010). Il existe un clivage suivant g^1 (010) partageant quelquefois le cristal en deux fragments triangulaires égaux qui déroutent au premier abord, lorsqu'un seul de ces fragments reste adhérent à sa gangue.

Ces cristaux sont souvent transparents.

M. Baret a trouvé une petite géode remplie de cristaux complets bien isolés dans une argile jaunâtre.

Le second type constituant la majeure partie des premiers échantillons trouvés à la Mercerie, est formé par des cristaux allongés suivant l'arête $p\ g^1$ (001) (010) et en même temps très aplatis suivant p (001) (fig. 10 et 11); les cristaux n'ont pas de faces mesurables ; ils sont lamelleux, aussi l'éclat nacré suivant p (001) est-il très vif.

Les faces p (001) sont souvent très striées et passent parfois par des oscillations insensibles à des clinodomes voisins de e^1 (011). Quelques cristaux semblent présenter l'hémimorphisme par rapport à l'axe vertical.

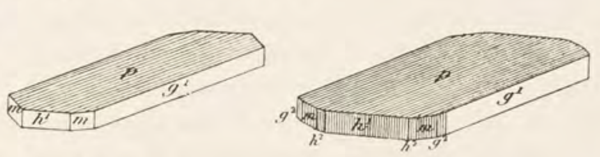


Fig. 10. Fig. 11.
Bertrandite de la Chapelle-s.-Erdre.

Enfin M. Baret m'a communiqué plusieurs exemples de macles suivant $e^1/^3$ (031) dans lesquels les cristaux maclés présentent individuellement soit (fig. 12) la forme de la figure 10, soit celle de la figure 9.

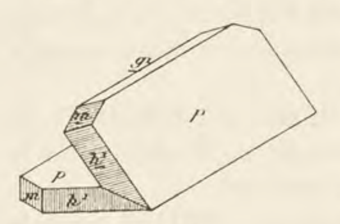


Fig. 12
Bertrandite, macle suivant $e^1/_3$ (031).

A la Chapelle-s.-Erdre, les cristaux atteignent 1^{cm} de plus grande dimension.

Morbihan. J'ai trouvé (*B. S. M.* XII. 514. 1889) dans la collection de M. de Limur de jolis cristaux de bertrandite recueillis autrefois par ce savant à la Villeder. Ils sont implantés sur quartz avec muscovite, cassitérite et béryl. Ils semblent s'être formés aux dépens de ce dernier minéral. M. Bacqua a bien voulu mettre, en outre, à ma disposition, un échantillon du même gisement.

Deux des cristaux étudiés présentent environ 2^{cm} de plus grande dimension, les autres ont environ $0^{mm}5$. Leur forme dominante est p (001), h^1 (100), g^1 (010) ; les faces de la zone verticale sont très cannelées ; l'aplatissement suivant la base est marqué, les clivages suivant p (001) et g^1 (010) sont nets. Quelques cristaux présentent de petites facettes m (110) (fig. 13) et h^2, ainsi que des dômes qui n'ont pu être déterminés à cause de la petitesse des cristaux qui les présentent. Ces derniers sont colorés en jaune par des produits ferrugineux secondaires qui ont rendu leurs faces peu réfléchissantes.

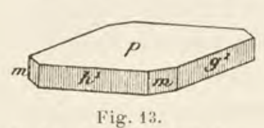


Fig. 13.
Bertrandite de la Villeder.

Normandie. — *Orne*. J'ai trouvé quelques très petits cristaux blancs accompagnant l'apatite bleue sur un cristal d'orthose des granulites de la carrière de Pont-Percé, près d'Alençon, que je dois à l'obligeance de M. Le Tellier.

Sur l'un d'eux, j'ai pu constater à travers une face à extinction parallèle aux côtés que la bissectrice obtuse normale à la lame est positive. Il est probable que ces cristaux appartiennent à la bertrandite, mais il ne m'a été possible de faire aucun autre essai. Il faut espérer que des recherches ultérieures permettront de retrouver ce minéral et de trancher définitivement la question.

Plateau central. — *Haute-Vienne*. M. Michel a signalé (*B. S. M.* XIV. 76. 1891) de très petits cristaux p (001), h^1 (100), g^1 (010) de ber-

trandite dans les cavités du béryl de Chanteloube aux dépens duquel elle paraît s'être formée.

GROUPE DES HUMITES [1]

$H^2(Mg, Fe)^{19} Si^8 O^{34} F^4$

Ce groupe est constitué par trois minéraux dont l'un est orthorhombique (*humite*) et les deux autres monocliniques (*chondrodite* et *clinohumite*).

Humite : $mm = 85°35'$

$b : h = 1000 : 1288,381.$ $D = 292,733.$ $d = 316.228$

$[a : b : c = 1,08028 : 1 : 4,40131]$ [2]

Chondrodite : $mm = 85°35'$

$b : h = 1000 : 920,274.$ $D = 292,733.$ $d = 316,228$

$[a : b : c = 1,08028 : 1 : 3,14379]$

$zx = 90°$

Clinohumite : $mm = 85°35$

$b : h = 1000 : 1656,491.$ $D = 292,733.$ $d = 316,228$

$[a : b : c = 1,08028 : 1 : 5,65883]$

$zx = 90°$

Macles. Les cristaux monocliniques de ce groupe présentent des macles polysynthétiques suivant p (001). Il existe en outre des macles rares dont nous n'avons pas à nous occuper ici.

Faciès. Dans les gisements que nous étudierons, les humites ne se présentent jamais en cristaux nets, mais en grains arrondis sans allongement particulier.

Clivages. Clivage distinct suivant p(001), mais souvent peu marqué dans les lames minces.

Dureté. 6 et au-dessus.

1. Voir au *Supplément*, t. IV, 706, les idées nouvelles sur la composition chimique.
2. Contrairement à l'usage, on a pris $a > b$ pour mettre en évidence les analogies que présentent les trois minéraux de ce groupe. Ces paramètres sont ceux qui ont été donnés par vom Rath.

Densité. 3.1 à 3.2.

Coloration. Les minéraux de ce groupe se présentent en cristaux variant du jaune au brun rouge. Dans nos gisements, on distingue surtout deux couleurs dominantes : le jaune paille plus ou moins clair et le rouge orangé. La première variété est incolore en lames minces, la seconde jaune orangé vif.

Éclat vitreux. Les humites sont transparentes en petits fragments.

Propriétés optiques. Le plan des axes optiques est parallèle à p (001) dans la humite rhombique ; dans la clino humite, il fait avec cette face un angle de 9 à 11° environ, et dans la chondrodite de 30°.

D'après les observations de M. des Cloizeaux (*Cristall. Assoc.* 16 juin 1876), il est orienté d'arrière en avant [1], c'est-à-dire de la direction négative a^1 ($\bar{1}01$) vers la direction positive o^1 (101). Dans les trois variétés, la bissectrice aiguë est *positive* et perpendiculaire à g^1 (010).

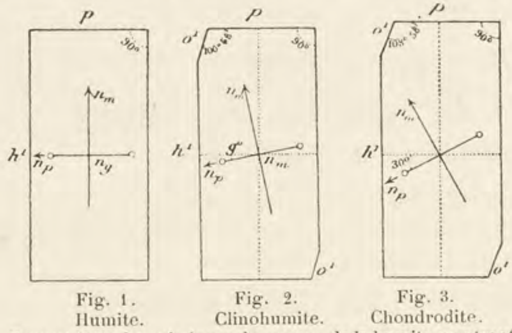


Fig. 1. Humite. Fig. 2. Clinohumite. Fig. 3. Chondrodite.
Face g_1 (010) des minéraux du groupe de la humite montrant la position du plan des axes optiques.

Il est assez fréquent de trouver des groupements réguliers de clinohumite, de chondrodite et de humite rhombique dans lesquels les faces h^1 des deux individus coïncident.

Dans les macles suivant p (001) des types monocliniques, l'extinction dans la face g^1 (perpendiculaire à la bissectrice n_g) est symétrique par rapport à la trace de macle.

Dans les faces de la zone $p\,h^1$ (001) (100), l'extinction est naturellement simultanée dans les deux séries de bandes hémitropes qui se distinguent l'une de l'autre par leur biréfringence, leur pléochroïsme différents et enfin par leur obliquité plus ou moins grande sur les axes n_m et n_p.

1. Dans ce mémoire, M. des Cloizeaux a donné des paramètres différents de ceux qui ont été adoptés ici afin de paralléliser les propriétés cristallographiques et optiques de ces trois substances. C'est par une erreur d'interprétation de ce mémoire que nous avons indiqué, M. Michel Lévy et moi, dans nos *Minéraux des roches*, que le plan des axes était orienté d'*avant en arrière*.

Nous avons mesuré, M. Michel-Lévy et moi, les indices principaux de la chondrodite de Kafveltorp (Suède), et nous avons obtenu les valeurs suivantes pour la lumière du sodium :

$$\mathbf{n}_g = 1.639$$
$$\mathbf{n}_m = 1.619$$
$$\mathbf{n}_p = 1.607$$

ce qui donne pour la biréfringence maximum :

$$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0.032$$

nombre autour duquel oscille la biréfrigérence maximum des divers membres du groupe de la humite ; elle atteint 0,038 dans quelques variétés.

L'angle des axes optiques est grand. J'ai obtenu sur un échantillon de clinohumite d'Arignac (lumière du sodium).

$$2\,\mathbf{V} = 70°$$

La dispersion est faible avec $\rho < \upsilon$. Il existe de la dispersion tournante dans la chondrodite et la clinohumite (Dx).

M. Mallard considère le réseau de toutes les humites comme identique. Le type orthorhombique serait dû à des macles submicroscopiques de humite monoclinique.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est énergique dans les variétés colorées. On observe dans toutes les variétés :

$\mathbf{n}_g$ et $\mathbf{n}_m$ = jaune brun très pâle.
$\mathbf{n}_p$ = jaune d'or très pâle.

Composition chimique. La formule donnée plus haut et due à M. Wingard représente assez bien la composition chimique des humites.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, les humites blanchissent sans fondre. Elles sont très facilement attaquables par les acides, même par l'acide acétique. Dans le tube ouvert, elles donnent avec le sel de phosphore fondu les réactions du fluor.

Altérations. Les humites se transforment très facilement en minéraux hydratés, chrysotile, brucite, seuls ou associés.

La clinohumite d'Arignac est souvent épigénisée par de petites lamelles de brucite implantées perpendiculairement aux fissures du minéral et se réunissent parfois pour former de grandes lames blanches macroscopiques (fig. 4). Les agrégats microscopiques de brucite sont souvent riches en inclusions ferrugineuses qui donnent une couleur noire à ces pseudomorphoses quand on les examine à l'œil nu.

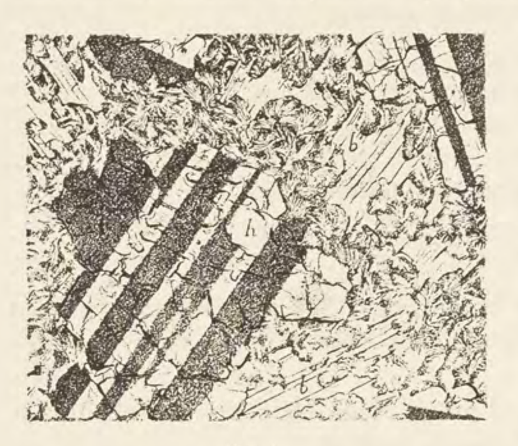


Fig. 4.
Lame mince de clinohumite d'Arignac (*h*) vue en lumière polarisée parallèle et montrant sa transformation en brucite lamellaire (*b*) ou sphérolitique.

La transformation serpentineuse se fait d'après le mode qui sera décrit plus loin à l'occasion du péridot. Dans quelques cas, le silicate magnésien hydraté, au lieu d'être constitué par du chrysotile fibreux, se présente en larges rubans ayant les propriétés de l'antigorite.

Enfin plus rarement, les humites se transforment en carbonates rhomboédriques.

Diagnostic. D'après les propriétés qui viennent d'être énumérées, on voit qu'en l'absence de cristaux mesurables, les divers types de ce groupe ne peuvent se distinguer entre eux que par leurs propriétés optiques quand il existe des macles. L'existence de ces dernières élimine la humite ; l'angle d'extinction dans la face g^1 (010), perpendiculaire à la bissectrice *positive*, permet de différencier la clinohumite (9° à 11°) de la chondrodite (30°).

On trouvera plus loin au titanolivine le diagnostic différentiel de ce minéral et des types monocliniques du groupe des humites avec lesquels il présente une grande analogie.

Quant à la distinction de la humite rhombique et des péridots magnésiens, elle est impossible par les seuls caractères optiques ; il est nécessaire d'avoir recours à une analyse pour trancher la question ; nous y reviendrons au sujet du péridot.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Les humites sont connues dans les calcaires de la série des schistes cristallins, dans les enclaves calcaires modifiées de la Somma et dans quelques gisements métallifères. Nous n'avons à les étudier ici que dans les calcaires cristallins (cipolins).

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. J'ai trouvé dans les cipolins de Ville-ès-Martin, près Saint-Nazaire, des fragments de humite presque entièrement transformés en chrysotile. Ils y constituent un élément microscopique rare.

Pyrénées. — *Ariège*. J'ai découvert (*B. S. G.* n° 11. II. 1. 1890) un remarquable gisement de clinohumite dans des bancs de cipolins intercalés dans les gneiss granulitiques des bords de l'Ariège, à Arignac et Mercus, en aval de Tarascon.

Les humites sont localisées dans certains bancs que l'on rencontre surtout à Arignac.

On y distingue deux variétés macroscopiques, l'une jaune paille, l'autre rouge orange foncé. L'examen microscopique fait voir que ces minéraux et particulièrement la variété rouge présentent souvent les macles et les propriétés optiques de la clinohumite.

La plus grande partie de la variété jaune n'est pas maclée; en raison de son intime association avec la clinohumite rouge, je l'ai décrite antérieurement comme de la humite rhombique. J'ai réussi à isoler une petite quantité de cette substance dans un échantillon dépourvu de macles ; les résultats de l'analyse donnée plus loin conduisent à la considérer comme un péridot. Il est fort probable toutefois qu'il existe également dans la roche de la humite rhombique.

La clinohumite rouge se trouve rarement seule dans les calcaires (Mercus, haut de la carrière). A Arignac, entre la carrière et le village, elle forme avec spinelle violacé des nodules au milieu des calcaires. J'ai observé l'un d'eux pesant environ 50 kg. La clinohumite est souvent pseudomorphisée en un mélange noir de brucite et des produits ferrugineux signalés plus haut.

Dans le même gisement, les variétés jaunes, associées au péridot, forment avec spinelle, pargasite, rutile et pyrrhotite des roches exceptionnelles, remarquablement analogues à celles que M. Michel Lévy a décrites en Andalousie.

Les autres minéraux qui accompagnent le plus généralement les humites dans ce gisement sont la phlogopite, la pyrite. Les grains de clinohumite rouge atteignent 1^{cm} de diamètre ; ceux de la variété jaune sont souvent plus gros. Ceux qui offrent les plus grandes dimensions semblent être constitués surtout par du péridot.

Vosges. — *Vosges*. Puton et Fournet (*B. S. G.* 2e sér. IV. 232) ont signalé la chondrodite dans les cipolins du Chipal, près la Croix-aux-Mines. Nous avons étudié, M. Michel Lévy et moi (*B. S. M.* IX. 83. 1886), quelques échantillons de ce gisement que nous a communiqués M. Vélain. Le minéral monoclinique maclé est de la chondrodite jaune. Il est accompagné d'un minéral orthorhombique qui pourrait être du péridot plutôt que de la humite. Je n'ai pu en isoler une quantité suffisante pour l'analyse.

Dans cette roche, ces minéraux sont associés à du spinelle et à de la phlogopite.

[*Alsace*]. Les cipolins de la carrière Saint-Philippe, près Sainte-Marie-aux-Mines, que m'a remis M. Vélain, renferment les mêmes minéraux que ceux du Chipal, associés à des minéraux spéciaux (pyrosclérite, sphène, etc.).

ARDENNITE

(DEWALQUITE)

$H^{10}\ Mn^{10}\ Al^{10}\ Si^{10}\ V^{2}\ O^{55}$

Orthorhombique : $mm = 130°$.

$b : h = 1000 : 284,26$. $D = 906,301$. $d = 422,608$

[$a : b : c = 0,4663 : 1 : 0,3135$. vom Rath.]

Formes observées. $m (110), h^1 (100), g^1 (010), g^3 (120), h^5 (320) ; p (001) ; a^1 (101) ; b^{1/2} (111) ; x = (b^1\ b^{1/5}\ h^1) (321)$.

	Angles calculés.		Angles calculés.		Angles calculés.
[mm	130°	$b^{1/2}\ g^1$	104°35′	$a^1\ a^1$ (sur p)	112°12′
$g^3\ g^3$	94°	xh^1	123°20′	$m\ b^{1/2}$	126°34′
$h^5\ h^5$	145°28′	xh^5	125° 8′		]

Faciès des cristaux. Les cristaux sont allongés suivant l'axe vertical et souvent groupés en masses plus ou moins bacillaires ou fasciculées. Ils sont toujours cannelés dans la zone verticale, parfois aplatis suivant h^1 (100) et rarement terminés par des pyramides ou par l'orthodôme a^1 (101).

Déformations mécaniques. Les cristaux sont très fréquemment tordus et plus ou moins brisés

Clivages. Clivage facile suivant g^1 (010), assez facile suivant m (110). Quand on brise les masses grossièrement fibreuses, on isole de petites lamelles aplaties suivant h^1 (100) que l'on pourrait confondre avec des clivages si les propriétés optiques ne venaient éclairer l'observateur. Cassure inégale.

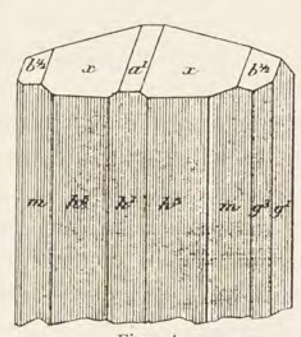


Fig. 1.
Ardennite de Salm-Chateau.

Dureté. 6 à 7. Le minéral est très fragile.

Densité. 3.620 (variété non arsénifère). 3.643 à 3.662 (variété arsénifère).

Coloration. Brun colophane à jaune orange. Les cristaux sont souvent marbrés de noir par des inclusions d'oxyde de manganèse.

Éclat vitreux un peu gras. Le minéral est transparent en lames minces.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë *positive* perpendiculaire au clivage facile g^1 (010).

Dans nos « *Minéraux des Roches* », nous avons, M. Michel Lévy et moi, indiqué le plan des axes comme parallèle à g^1 (010) et la bissectrice comme perpendiculaire à p (001), par suite de l'interprétation inexacte de lames aplaties suivant h^1 (100).

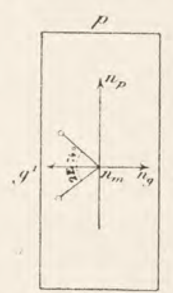


Fig. 2.
Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100).

L'indice moyen semble très élevé et atteindre 1.79(?).

La biréfringence maximum est d'environ $n_g - n_p = 0,020$.

L'écartement des axes optiques est un peu variable; les nombres suivants sont ceux auxquels est arrivé M. des Cloizeaux et que j'ai moi-même observés sur de petites lames que mon savant maître a bien voulu me confier.

2E =	rouge	76° à 79°
	Na	73° à 74°
	vert	68°30° à 71°

La dispersion est très forte avec $\rho > \nu$.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est assez fort dans les teintes suivantes :

	Plaques de 0mm 02	Plaques de 0mm 5
$\mathbf{n}_g$	= jaune très pâle	jaune d'or
$\mathbf{n}_m$ et $\mathbf{n}_u$	= jaune d'or	brun rouge foncé

Les teintes de pléochroïsme suivant n_m et n_p sont presque les mêmes ; par suite, les plaques perpendiculaires à la bissectrice aiguë sont à peine pléochroïques.

Composition chimique. Il existe deux variétés, l'une de couleur foncée et relativement transparente exempte d'arsenic, l'autre de couleur plus claire et riche en arsenic.

Analyses :

a) par Pisani (*C. R.* 2 décembre 1872).

b) par von Lasaulx et Bettendorff (*P. A.* CXLIX. 245. 1873).

c) par Pisani (*C. R.* 4 août 1873).

d) et *e*) par Bettendorff (*P. A.* CLX. 130. 1877).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)
SiO^2	28.70	29.60	28.40	27.50	27.84
V^2O^5	1.80	9.20	3.12	0.53	9.20
As^2O^5	»	»	6.35	9.33	2.76
Al^2O^3	28.36	23.50	24.80	22.76	24.22
Fe^2O^3	2.94	1.68	1.31	1.15	
MnO	26.40	25.88	25.70	30.61	26.70
FeO	1.30	traces	0.22	0.17	»
MgO	4.32	3.38	4.07	1.38	3.01
CaO	4.30	1.81	2.98	1.83	2.17
H^2O	0.98	4.04	5.20	5.13	5.01
	99.10	99.09	102.15	100.39	100.91

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fusible avec bouillonnement en un verre noir. Dans le tube, donne des traces d'eau.

Très difficilement attaquable par l'acide sulfurique. M. Pisani a montré que ce minéral chauffé avec l'acide phosphorique donne une solution incolore qui devient violette par addition d'acide sulfurique.

Diagnostic. L'ardennite pourrait être confondue avec la carpholite de Meuville. Son indice médian plus grand, le signe négatif de son allongement permettent aisément de les distinguer en lames minces.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

[**Ardenne belge**]. — L'ardennite n'a été trouvée que dans un seul gisement près le pont du chemin de fer qui se trouve au-dessous de Salm-Château, près Ottrez. Elle y forme des agrégats bacillaires dans un filon de quartz traversant les schistes paléozoïques. Les cristaux sont engagés dans du quartz et se trouvent plus rarement dans de petites cavités. Ils sont associés à des lamelles de pyrolusite les colorant parfois en noir, et à de l'albite. La figure 1 est empruntée à vom Rath.

Ce minéral décrit pour la première fois par von Lasaulx sous le nom de *mangandisthène* fut appelé ensuite *ardennite* par le même savant (*Niederhein. Gesell. Bonn* 24 nov. 1872). Presque en même temps M. Pisani en publiait une analyse (*C. R.* 2 déc. 1882) et décrivait ce minéral comme monoclinique en lui donnant le nom de *dewalquite*. Ce fut vom Rath qui fixa définitivement les propriétés cristallographiques du minéral et montra son analogie de forme avec l'ilvaite (*P. A.* CXLIX 241. 1873 etc.) ; depuis lors, l'ardennite a été étudiée à nouveau par MM. Pisani et von Lasaulx (voir les analyses données plus haut).

GROUPE DES ÉPIDOTES

Le groupe des épidotes est constitué par quatre minéraux dont trois (épidote, piémontite et allanite) sont monocliniques alors que le quatrième est orthorhombique (zoïzite). C'est M. des Cloizeaux qui a montré le premier à l'aide des propriétés optiques (*A. M.* XVI. 219. 1859) quel est le véritable système cristallin de ce dernier minéral.

La formule générale du groupe est :

$$H^2\, R^4\, R_{,}^6\, Si^6\, O^{26}$$

dans laquelle

$$[R = (Ca,\ Fe)\ \text{et}\ R_{,} = (Al,\ Fe,\ Mn,\ Ce)]$$

On y distingue les quatre types suivants :

Zoïzite. . . .	$H^2\,Ca^4\,Al^6\,Si^6\,O^{26}$
Epidote . . .	$H^2\,Ca^4\,(Al,\ Fe)^6\,Si^6\,O^{26}$
Piémontite.	$H^2\,Ca^4\,(Al,\ Mn)^6\,Si^6\,O^{26}$
Allanite. . .	$H^2\,(Ca,\ Fe)^4\,(Al,\ Ce)^6\,Si^6\,O^{26}$

M. Tschermak (*Lehrb. Miner.* 1885, p. 486) considère le silicate $H^2 Ca^4 Al^6 Si^6 O^{26}$ (*zoisitsilicat*) comme dimorphe et comme donnant naissance à l'épidote par mélange avec le silicate $H^2 Ca^4 Fe^6 Si^6 O^{26}$ (*epidotsilicat*).

ZOIZITE[1]

$H^2 Ca^4 Al^6 Si^6 O^{26}$

Orthorhombique : $mm = 116°16'$ (Dx)

$b : h = 1000 : 294{,}544$. $D = 849{,}280$. $d = 527{,}944$

[$a : b : c$: = 0,62164 : 1 : 0,34682]

Je n'ai observé aucun cristal déterminable dans les gisements français.

Macles. Il existe des macles microscopiques qui seront étudiées à la suite des propriétés optiques.

Faciès. La zoïzite de nos gisements se présente en cristaux allongés suivant l'axe vertical, sans formes déterminables, quelquefois aplatis dans la direction du clivage facile g^1 (010). On observe aussi des masses laminaires, fibreuses ou compactes.

Clivages. Clivages, parfait suivant g^1 (010), très difficile suivant h^1 (100). Cassure inégale ou imparfaitement conchoïdale.

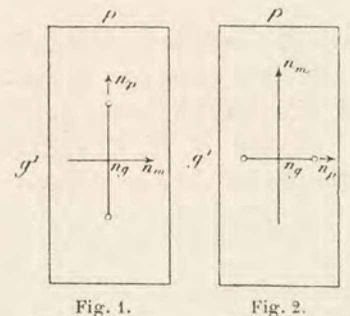


Fig. 1. Section h_1 (100). Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

Fig. 2. Section h_1 (100). Plan des axes optiques parallèle à p (001).

Dureté. 6,

Densité. 3.25 à 3.36. 3.257 (Pontaut d'Aleu.)

Coloration. Blanche, blanc jaunâtre ou verdâtre, rose.

Éclat nacré très vif sur le clivage facile. Éclat vitreux. Poussière blanche. Très transparente en lames minces.

Propriétés optiques. La bissectrice aiguë *positive* est toujours perpendiculaire à h^1 (100), mais le plan des axes optiques est tantôt parallèle à g^1 (010), tantôt parallèle à p (001). La seule différence existant entre ces deux orientations consiste donc dans

1. Voir *Supplément*, t. IV, 707.

la permutation de n_m et de n_p (fig. 1 et 2) ; on les observe soit dans des cristaux distincts, soit dans les diverses parties d'un même cristal.

Dans ce dernier cas, le phénomène a été expliqué par des macles multiples suivant $e^{1/3}$ (031), face faisant un angle de 45° avec les axes *b* et *c*. M. Tschermack considère ces macles multiples comme se produisant suivant une face prismatique *m* (110) ou $g^{5/3}$ (140). (Voir *Supplément*, t. IV. 707.)

Notons enfin que M. des Cloizeaux a constaté que dans les cristaux du Saualpe en Carinthie le plan des axes optiques était parallèle à *p* (001) pour les rayons rouges et parallèle à g^1 (010) pour les rayons bleus.

Dans la zoïsite de la plupart des gisements français, le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010) bien que la seconde orientation et les croisements de lames soient observables dans quelques-uns d'entre eux.

La zoïsite du Pontaut d'Aleu (Ariège) est particulièrement intéressante à cause des macles polysynthétiques qu'elle présente, macles qui sont analogues à celles décrites par M. Tschermak ; mais ici le plan de macle semble être g^1 (010). En effet, les lames de clivage g^1 (010) présentent en lumière polarisée parallèle une orientation optique homogène, tandis que les sections perpendiculaires ou obliques à cette face montrent des bandes hémitropes rappelant celles des feldspaths tricliniques (fig. 3). La petitesse des cristaux ne permet pas de les tailler suivant des directions données et par suite de serrer le problème de plus près, mais tous ces phénomènes semblent conduire à cette conclusion que le réseau élémentaire de la zoïsite n'est pas en réalité rhombique et que sa symétrie apparente est le résultat de croisement de lames ayant une symétrie inférieure, probablement monoclinique.

Fig. 3.
Lame mince de la zoïsite du Pontaut d'Aleu vue en lumière polarisée parallèle. Les côtés de la fig. sont respectivement parallèles aux sections principales des nicols. Les plages larges non maclées sont parallèles à g^1 ; les autres, lorsqu'elles ne sont pas parallèles aux sections principales des nicols, montrent les macles.

Nous avons obtenu, M. Michel Lévy et moi, les indices suivants sur un cristal de zoïsite de Carinthie :

$$n_g = 1{,}902$$
$$\left.\begin{matrix} n_m \\ n_p \end{matrix}\right\} = 1{,}696$$

La biréfringence maximum est faible :

$n_g - n_p = 0,006$ environ. Les indices n_m et n_p ont sensiblement la même valeur. L'écartement des axes optiques (2 V) est variable (souvent même dans un même cristal) de 19° à 53° environ.

Dans la zoïsite de Saint-Philbert de Granlieu, j'ai observé en moyenne pour le jaune :

$$2\ \mathbf{E} = 95°, \text{ d'où } 2\ \mathbf{V} = 51° \text{ environ.}$$

La dispersion est très forte avec $\rho > v$.

Pléochroïsme. La variété rose manganésifère (*thulite*) possède un pléochroïsme très énergique avec n_g jaune, n_m rose vif et n_p rose foncé. On ne la rencontre pas en France.

Composition chimique. Analyse de la zoïsite rose du Pontaut d'Aleu (Ariège) (Lx).

SiO^2.......	40,05
Al^2O^3......	33,10
Fe^2O^3......	1,12
CaO	23,93
MgO.......	0,21
Perte au feu....	2,08
	100,49

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, se gonfle et fond avec bouillonnement en un verre grisâtre translucide. Dans le tube, dégage un peu d'eau. La variété thulite donne les réactions du manganèse. La zoïsite est difficilement attaquable par les acides, mais après calcination, elle est attaquée par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

Diagnostic. Les propriétés optiques constituent le meilleur diagnostic de la zoïsite.

Dans les roches, ce minéral se reconnaît à ses sections allongées à extinctions longitudinales, à forte réfringence. La biréfringence est très faible et en raison de la forte dispersion, on n'obtient pas d'extinction franche, mais des teintes bleuâtres très caractéristiques. Le signe de l'allongement est négatif quand le plan des axes est parallèle à g^1 (010) (fig. 1), de signe variable quand il est parallèle à p (001) (fig. 2).

L'absence de coloration et la différence de biréfringence permettent aisément de distinguer l'une de l'autre la zoïsite et l'épidote qui s'accompagnent fréquemment.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La zoïsite se rencontre : 1° comme élément constitutif des schistes cristallins ; 2° comme produit secondaire dans des roches feldspathiques.

1° *Dans les schistes cristallins, les cipolins et les filons quartzeux qui les traversent.*

C'est particulièrement dans les schistes amphiboliques et pyroxéniques de la série des schistes cristallins, que la zoïsite est abondante ; à ce point de vue, les éclogites et quelques amphibolites méritent une mention spéciale. Dans ces roches, la zoïsite joue souvent le rôle d'élément essentiel ; elle peut y être extrêmement abondante.

Plus rarement, les filons de quartz et de pegmatite qui traversent ces roches renferment de la zoïsite en grands cristaux ou plutôt en grandes masses. C'est là surtout où l'on peut se procurer ce minéral pour l'étude.

Je me contenterai de citer quelques gisements dans lesquels on rencontre la zoïsite à l'état macroscopique.

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. J'ai rencontré (*Bull. Soc. sc. natur. Ouest*. I. 81. 1891) ce minéral en abondance comme élément constitutif des éclogites dont les gisements seront énumérés à l'article « grenat ». Les environs de Saint-Philbert de Grandlieu et ceux du Cellier se recommandent spécialement à ce point de vue.

Dans la carrière de Piedpain en Saint-Philbert de Grandlieu, M. Baret a trouvé (*B. S. M*. V. 174. 1882) des masses laminaires et des cristaux indistincts de zoïsite engagés dans un filon de pegmatite traversant les éclogites. Cette zoïsite en s'altérant prend une teinte gris bleuâtre. Elle devient très fragile ; à l'état de pureté, elle est faiblement translucide. Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010).

Anjou. — *Maine-et-Loire*. Je dois à l'obligeance de M. L. Bureau la communication d'un intéressant gisement de zoïsite. La roche qui la renferme provient de Chantepie, à l'ouest de Liré. C'est un micaschite amphibolique essentiellement constitué d'amphibole, de quartz et de zoïsite. Ce dernier minéral forme 50 0/0 de certains échantillons. Il constitue de petites baguettes d'un blanc vif à éclat nacré, atteignant 1 ^{cm} et se groupant en grand nombre dans des directions grossièrement parallèles.

Pyrénées. — *Ariège*. J'ai découvert dans l'Ariège au Pontaut d'Aleu, sur la route de Saint-Girons à Massat, un remarquable gisement de zoïsite. Sur le bord de la route et non loin d'un petit pont, les gneiss renferment quelques bancs minces de cipolins. Dans l'un d'eux, j'ai rencontré des lentilles de zoïsite rose ne dépassant pas $0^m 30$ de plus grande dimension sur $0^m 05$ d'épaisseur. Elles sont entourées d'une gaine serpentineuse et plus ou moins pénétrées d'un pyroxène blanc laiteux présentant des macles secondaires et des plans de séparation suivant p (001) très répétés.

Le minéral est d'un beau rose fleur de pêcher qui devient plus vif lorsque le minéral réduit en poudre grossière est débarrassé par l'acide chlorhydrique de la calcite secondaire qui l'imprègne. Il est possible ainsi d'isoler de microscopiques géodes desquelles je n'ai pu extraire que quelques fragments de petits cristaux aplatis suivant g^1 (010).

Le minéral présente à l'œil nu une structure très compacte. Au microscope on constate qu'il est formé par l'enchevêtrement de longues baguettes offrant les macles qui ont été étudiées plus haut (fig. 3).

Malgré sa couleur rose qui rappelle celle de la thulite, le minéral est absolument incolore en lames minces. Sa coloration n'est pas due à du manganèse, mais à la petite quantité de fer indiquée par l'analyse ci-dessus. Elle disparaît, du reste, dès qu'on chauffe le minéral à une température un peu élevée. Celui-ci devient alors un peu jaunâtre.

Alpes. — *Isère*. M. Groth a signalé (*Sitzb. Bayr. Akad.* 390, 1885) la zoïsite verdâtre en agrégats cristallins montrant des traces de brachydômes dans les fentes d'un chloritoschiste du flanc nord du Taillefer, à l'ouest du Bourg-d'Oisans.

Le même minéral est très abondant dans toutes les amphibolites des Alpes.

On vend au Bourg-d'Oisans, sous le nom inexact de zoïsite, des cristaux d'épidote jaune verdâtre provenant de la Rampe des Commères au mont de Lans.

2° *Dans les roches feldspathiques et particulièrement dans les diorites, diabases, gabbros comme produit secondaire.*

La zoïsite est très fréquente comme produit d'altération des feldspaths de diverses roches et particulièrement de celles des groupes : diorites, diabases et gabbros. Je rappellerai que la *saussurite* des

gabbros (euphotides) des Alpes n'est pas autre chose qu'un feldspath basique plus ou moins complètement transformé en un mélange microscopique de zoïsite, de feldspaths récents avec accompagnement d'actinote, de chlorite, etc. Cette transformation des feldspaths, que l'on a désignée sous le nom de *saussuritisation*, s'opère, comme l'a montré M. Cathrein, par perte de silice et d'alcalis et par gain de chaux, de fer et d'eau.

Les gabbros (euphotide) du mont Genèvre, ceux de Corse, etc., présentent de bons exemples de saussuritisation. (Voy. plus loin Feldspaths. *Altérations*.)

Dans les roches basiques altérées, on observe souvent des filonnets secondaires renfermant du quartz et de la zoïsite. Je dois à l'obligeance de M. Barrois de beaux échantillons de ce genre qu'il a recueillis en Bretagne dans les diabases de Barnenès (falaises à l'E. de la baie de Morlaix).

ÉPIDOTE [1]

$H^2\,Ca^4\,(Al\,Fe)^6\,Si^6\,O^{26}$

Monoclinique : $mm = 69°59°$

$b : h = 1000 : 969{,}279$. $D = 533{,}932$. $d = 845{,}528$

angle plan de $p = 64°32'34''$

angle plan des faces $m = 110°18'20''$

$[a : b : c = 1{,}58359 : 1 : 1{,}81536]$

$zx = 64°33'$

Formes observées. h^1 (100), h^3 (210), m (110), g^1 (010) ;

p (001), o^2 (102), o^1 (101), $o^{1/2}$ (201) $a^{1/5}$ ($\bar{5}01$), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), $a^{2/3}$ ($\bar{3}02$), $a^{6/7}$ ($\bar{7}06$), a^1 ($\bar{1}01$), $a^{4/3}$ ($\bar{3}04$), a^2 ($\bar{1}02$), a^3 ($\bar{1}03$), a^5 ($\bar{1}05$) ; e^2 (012), e^1 (011) ; $d^{1/2}$ (111), $d^{3/2}$ (113) ; $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$) ;

$\varphi = (b^1\,b^{1/3}\,h^{1/2})$ ($\bar{2}12$), $\mu = (b^{1/2}\,b^{1/6}\,h^{1/3})$ ($\bar{4}23$), $\pi = a_3 = (b^1\,b^{1/3}\,h^1)$ ($\bar{2}11$), $l = (b^{1/4}\,b^{1/6}\,h^{1/2})$ ($\bar{5}12$) ; $w = (b^{1/7}\,d^{1/9}\,g^1)$ ($\bar{1}81$), $n = (b^{1/23}\,d^{1/25}\,g^1)$ ($\bar{1}.24.1$).

Macles. Macles souvent polysynthétiques suivant h^1 (100) se présentant souvent sans angles rentrants ; très rarement macles suivant p (001).

L'initiale M se rapporte aux angles mesurés par M. Marignac sur les

1. Voir *Supplément*, t. IV, 709, pour la *Clinozoïsite*.

cristaux du Dauphiné, Dx à ceux obtenus par M. des Cloizeaux sur un petit cristal de Pouzac (observation inédite), Lx à ceux que j'ai mesurés sur des cristaux de Chamonix et sur des cristaux des Pyrénées (Lx^1).

	Angles calculés	Angles mesurés
mm	69°56′	69°70′ M
mh^1	124°58′	125°10′ (Dx.)
mg^1	145°2′	
h^1g^1	90°	
mh^3	160°32′	
h^3h^1	144°26′	
h^3h^3 (sur h^1)	108°52′	108°54′ M
h^3g^1	125°34′	125°36′ (Lx.)
po^2	157°27′	
o^2h^1	138°0′	
po^1	145°16′	144°58′ (Lx).
h^1o^1	150°11′	150°15′ M
$po^{1/2}$	133°48′	
$o^{1/2}h^1$	161°39′	
ph^1 (ant.).	115°27′	115°32′ M 115°20′ (Lx). 17′ (Lx.)
pa^5	168°51′	
pa^3	157°34′	
a^3h^1	86°59′	
pa^2	145°32′	
a^2h^1 (adj.)	99°1′	99°5′ (Dx.)
$pa^{4/3}$	129°6′	
$a^{4/3}h^1$	115°27′	
pa^1	116°8′	116°15′ (Lx.)
a^1h^1	128°25′	128°25′ (Lx.) 128°30′ M 128°8′ (Dx.)
o^1a^1 (sur p)	81°24′	
$pa^{6/7}$	109°15′	109°10′ (Lx.)
$a^{6/7}h^1$	135°18′	134°40′ M 135°1′ (Lx.)

	Angles calculés	Angles mesurés
$pa^{2/3}$	99°33′	
$a^{2/3}h^1$	145°0′	144°30′ M
$pa^{1/2}$	90°25′	
$a^1a^{1/2}$	154°17′	
$a^{1/2}h^1$	154°8′	154°16′ M 154°12′ (Lx.)
$pa^{1/3}$	81°15′	
$a^{1/3}h^1$	163°18′	163°24′ M
pe^2	140°41′	140°42′ M
e^2e^2 (sur p)	101°22′	101°25′ M
e^2e^1	160°43′	
pe^1	121°24′	121°23′ M 121°28′ (Lx.)
e^1e^1 (sur p)	62°48′	62°46′ M
e^1e_1 (sur g^1)	117°12′	117°7′ (Lx.)
$pd^{3/2}$	150°59′	151°0′ (Lx.)
$pd^{1/2}$	127°36′	128°0 (Lx.)
$d^{1/2}m$	156°39′	
pm (ant.)	104°15′	104°19′ M 104°20′ (Lx.)
$pb^{1/2}$ (adj.)	104°41′	104°46′ M
$b^{1/2}m$	151°4′	151°5′ (Lx.)
$b^{1/2}d^{1/2}$ s. m	127°43′	
$pb^{1/4}$	90°14′	
$b^{1/4}m$	165°31′	165°40′ (Dx.)
ph^3	110°28′	
$p\nu$ adj.	111°2′	110°20′ M
$p\mu$ adj.	101°3′	
$p\pi$	90°20′	

	Angles calculés	Angles mesurés
$d^{1/2}h^1$	130°6′	
e^1h^1 (ant.)	102°56′	
$e^1d^{1/2}$	152°50′	
$b^{1/2}h^1$	69°3′	69°45′ (Dx.)
$b^{1/2}e^1$	146°7′	
$b^{1/2}d^{1/2}$ s. e^1	118°57′	
$h^1\pi$ (ant.)	45°8′	
g^1n	178°19′	178°17′ Bücking
g^1w	174°58′	174°51′ Bücking
$g^1b^{1/2}$	144°53′	
$g^1\nu$	125°24′	
$b^{1/2}b^{1/2}$ s. a^1	70°14′	70°8′ M
$b^{1/2}b^{1/2}$ s. g^1	109°46′	109°50′ (Lx^1.)
$b^{1/2}a^1$	125°7′	125°11′ (Lx^1.)
$\nu\nu$ (sur a^1)	109°12′	
$g^1b^{1/4}$	147°44′	
$g^1\pi$	128°22′	
$b^{1/4}b^{1/4}$ s. $a^{1/2}$	64°32′	
$a^1\pi$ (adj.)	134°56′	
a^1m (adj.)	110°52′	111° (Lx.)
πm	155°56′	
$a^{1/2}m$ (adj.)	121°3′	121°7′ (Lx.)
$a^{1/2}b^{1/2}$	121°13′	
$b^{1/2}m$ (lat.)	117°44′	
e^1m (post.)	124°50′	124°20′ (Lx^1.)
o^1m	110°49′	
$a^1\pi$	134°56′	
a^1m	110°52′	
e^1m (ant.)	145°52′	146°1′ (Lx.)

Faciès des cristaux. Les cristaux d'épidote sont tous allongés suivant l'arête $p\,h^1$ (001) (100), sauf de très rares exceptions. Les faces les plus habituelles dans la zone d'allongement sont p (001), h^1 (100), o^1 (101), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$), a^3 ($\bar{1}03$). Presque toutes ces faces portent des cannelures plus ou moins profondes parallèles à leur intersection mutuelle. Les cristaux sont souvent aplatis, tantôt suivant p (001), tantôt suivant h^1 (100) ou a^3 ($\bar{1}03$). L'aplatissement suivant p (001) est

facile à reconnaître ; la face *p* en effet est presque perpendiculaire à un axe optique et permet de voir par transparence le phénomène des houppes dont il sera question plus loin.

Les extrémités des cristaux sont terminées, le plus souvent, soit par les faces $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) ou *m* (110) qui ne peuvent se distinguer les unes des autres sans mesures à cause de leur angle très voisin, à moins toutefois que la macle suivant h^1 (100) ne soit apparente, soit par la face g^1 (010), souvent largement développée et striée parallèlement à son intersection avec $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$).

Les cristaux d'épidote sont généralement implantés sur leur gangue par une de leurs extrémités, de telle sorte que les cristaux à deux sommets sont relativement rares. Ils ont une grande tendance à former les agrégats *en buisson* représentés par la figure 13.

Clivages. Clivage très facile suivant *p* (001) ; moins facile suivant h^1 (100). Cassure inégale.

Dureté. 6 à 7. Fragile.

Densité. 3.32 à 3.49. 3.36 (Épidote blanche de Port Durand), 3.42 (Épidote verte du Bourg d'Oisans).

Coloration. La couleur la plus habituelle de l'épidote est le vert de diverses nuances (vert pistache, vert jaune, vert brun, vert noir). Quelques variétés sont jaune plus ou moins verdâtre, jaune brunâtre, grises, blanches ou presque incolores. Ces dernières sont les plus pauvres en fer et possèdent une densité plus faible.

Éclat vitreux, un peu nacré suivant le clivage facile *p* (001). Poussière grise. L'épidote est transparente ou translucide.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). La bissectrice aiguë négative fait un angle très petit avec l'axe vertical dans l'angle aigu de ph^1 (001) (100).

M. des Cloizeaux a fait voir que les indices de réfraction et l'écartement des axes optiques sont très variables. Pour le rouge, suivant les gisements, il a obtenu pour l'indice moyen les valeurs suivantes :

$$n_m = 1.72 \text{ à } 1.753$$

et pour l'écartement des axes :

$$2V = 74^o \text{ à } 88^o.$$

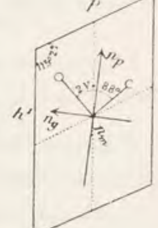


Fig. 1. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

J'ai moi-même observé pour le jaune :

$$2\,V = \begin{cases} 14^{o}50' \text{ (Chamonix).} \\ 77^{o}\ 6' \text{ (Cornillon).} \end{cases}$$

M. Michel Lévy a de même appelé l'attention sur les variations de biréfringence que l'on observe souvent dans un même individu ; dans l'épidote de Cabre, ce savant a obtenu des biréfringences maxima variant de 0,016 à 0,054.

Peut-être doit-on chercher l'explication de ces variations des propriétés optiques dans des croisements de lames submicroscopiques.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est énergique en lames épaisses, très faible ou nul en lames minces, le minéral étant alors souvent presque incolore.

L'absorption maximum a lieu suivant n_m ; elle est minimum suivant n_p ; en lames épaisses, on observe généralement les teintes suivantes :

n_g = vert.
n_m = brun.
n_p = jaune.

En lames minces, les teintes jaunes sont celles que l'on observe le plus ordinairement.

Quand on regarde le ciel blanc à travers une lame d'épidote taillée perpendiculairement à un axe optique, on observe de chaque côté de l'axe deux cônes sombres sur un fond brillant (phénomène des houppes). Les houppes sont généralement très nettes et colorées sur leurs bords. Les cristaux aplatis suivant *p* (001) montrent ce phénomène sans qu'il soit nécessaire de les tailler (fig. 2).

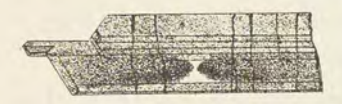


Fig. 2.
Houppes de l'épidote vues à travers *p* (001).

La couleur de cette face vue par transparence est le vert plus ou moins foncé.

Composition chimique. — Analyses : *a*) de l'épidote blanche de Port-Durand (**N**antes) (Lx.).

Les analyses suivantes ont toutes été faites sur des cristaux d'épidote de l'Oisans.

b) par Descotils (*J. M.* n° XXX. 415. an V). Chalanches.

c) par Hermann (*Erdm. J.* XLIII. 81). *d*) (*id.* LXXVIII. 295).

e) par Scheerer (*P. A.* XCV. 501. 1855).

f) par Stockar-Escher (*Id.*).

g) par Laspeyres (*Z. K.* III. 564. 1878-79).

h) de Chalanches, par Lory (*B. S. G.* VII. 543. 1849-50). Cette dernière analyse est rapportée pour mémoire. Le fer y est donné à l'état de protoxyde, mais son état d'oxydation n'a sans doute pas été déterminé.

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)	*f*)	*g*)	*h*)
SiO^2........	40,2	37	37,60	38,00	37,56	37,35	36,71	40,6
Al^2O^3.......	30,5	27	18,57	20,87	20,78	22,02	22,61	30,2
Fe^2O^3.......	5,5	17	13,37	15,06	16,49	15,67	14,47	11,2
CaO	22,3	14	21,19	21,93	22,70	22,54	23,67	17,7
FeO	»	»	5,55	1,90	»	»	0,62	»
MgO........	»	Mn^2O^3 1,5	1,40	»	0,29	»	»	»
H^2O	2,5	3,5	1,68	2,08	2,09	2,35	1,02	»
	101,0	100,0	99,36	99,84	99,91	99,93	100,00	99,7

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, plus ou moins fusible en une scorie noire magnétique. Les variétés riches en fer sont les plus fusibles. Les variétés de couleur pâle chauffées dans un feu réducteur prennent une couleur brun foncé ou noire.

L'épidote est à peine attaquable par les acides; après calcination, elle fait gelée dans l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. Les formes et la couleur de l'épidote sont très caractéristiques. Dans les lames minces de roche, les propriétés optiques et particulièrement le fort indice, l'extinction longitudinale des sections parallèles à l'allongement *p* h^1 (001) (100) comparées à l'extinction oblique des sections transversales, la position du plan des axes optiques, transversal à l'allongement, jointes à une haute biréfringence, variable dans un même cristal, constituent un bon diagnostic de l'épidote.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'épidote est un des minéraux les plus communs. Elle se rencontre en grande abondance dans les schistes cristallins, dans les calcaires modifiés par les roches éruptives : enfin on la trouve comme produit secondaire dans toutes les roches anciennes éruptives ou métamorphiques renfermant des feldspaths ou des silicates ferrifères et calciques.

En raison de cette banalité de gisement, il me semble inutile de citer une longue liste de gisements qui n'ont aucun intérêt en l'absence de cristaux déterminables.

Je me contenterai de signaler les gisements peu nombreux qui fournissent des cristaux à formes nettes ou qui présentent quelques particularités spéciales.

Nous étudierons successivement l'épidote :

1° Dans les schistes cristallins et les roches éruptives (anciennes) acides ;

2° Dans les roches éruptives (anciennes) basiques ;

3° Dans les calcaires modifiés par l'action des roches éruptives.

1° Dans les schistes cristallins et les roches éruptives acides.

Les schistes cristallins renferment souvent de l'épidote qui, dans les amphibolites, devient parfois un élément essentiel s'isolant dans les fissures sous forme de cristaux.

Les plus beaux cristaux d'épidote se rencontrent dans des fentes, généralement perpendiculaires ou obliques à la schistosité de la roche. Ils ont été produits par la circulation d'eaux minéralisées qui ont laissé déposer en même temps dans un grand nombre de gisements de l'axinite, de la prehnite, du quartz, de la calcite, etc.

Dans les roches éruptives acides (granite, granulite, syénite), l'épidote se présente dans les mêmes conditions.

Bretagne. — Les amphibolites, les gneiss amphiboliques et pyroxéniques sont fréquents en Bretagne, soit dans l'étage des gneiss, soit dans celui des micaschistes.

Dans de nombreux gisements, l'épidote est très abondante et forme même parfois des lits plus ou moins importants. Elle y est parfois associée à de la zoïsite. On peut citer à ce point de vue les amphibolites à glaucophane de l'île de Groix, les amphibolites des falaises de Billiers (*Morbihan*), celles de la *Loire-Inférieure* (Saint-Herblain, Oudon, Saint-Aignan).

Loire-Inférieure. Dans ce dernier département, M. Baret a trouvé quelques gisements qui méritent une mention spéciale. Ce sont ceux de Port-Durand, de la Trémissinière, de Barbin et de Petit-Port, aux environs immédiats de Nantes.

L'épidote que l'on y rencontre est d'un gris presque incolore ; souvent les cristaux sont colorés en jaunâtre par des infiltrations ferrugineuses qu'il est facile de faire disparaître par un lavage à l'acide chlorhydrique. Elle forme des masses bacillaires atteignant 10^{cm} à Port-Durand (voir l'analyse *a*).

Les cristaux nets sont assez rares ; j'ai cependant observé les formes suivantes sur un fragment de cristal de Barbin : p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$) et $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$).

A Barbin et à la Trémissinière, l'épidote est accompagnée d'idocrase et de grossulaire dans des lits quartzeux de micaschistes granulitisés.

A la carrière de l'Étang près Saint-Nazaire, on trouve dans des gneiss pyroxéniques à dipyre de grands cristaux plats d'épidote (5 à 6^{cm}), sans formes bien nettes.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. Les gneiss du tunnel de Cambo et particulièrement leurs variétés basiques renferment souvent de l'épidote associée à de la chabasie, de la stilbite, etc. ; je n'y ai pas trouvé dè bons cristaux.

Hautes-Pyrénées. Au lac d'Illé ou près Cauterets (entre le pic de Péguères et le Monné), on rencontre de petits cristaux jaune verdâtre engagés dans du quartz ou noyés dans une ripidolite jaune. J'ai étudié de petits cristaux transparents sur lesquels j'ai pris une partie des mesures données plus haut (Lx[1]). Ils présentent les formes p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$) et à l'extrémité libre $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et e^1 (011) (fig. 3). La face a^1 ($\bar{1}01$) est cannelée et séparée de p par des faces courbes correspondant sans doute à a^2 ($\bar{1}02$) et à a^3 ($\bar{1}03$).

M. Frossard m'a indiqué le même minéral dans le granite du pic de Péguères.

Fig. 3.
Épidote d'Illéou, projection sur g^1(010).

Les plus gros cristaux d'épidote des Pyrénées ont été découverts en 1784 à la piquette déras lids près Barèges (voir grenat) et décrits par Picot de Lapeyrouse (J. P. XXVI. 435) sous le nom de « schorl verd ». Ils se rencontrent généralement engagés dans du quartz remplissant les fentes de roches modifiées par le granite ; ils sont souvent associés à de l'axinite et de la prehnite ; ils sont parfois engagés dans de l'asbeste (carton de montagne) ou bien reposent sur ou dans de gros cristaux

transparents de calcite. Dans ce gisement, l'épidote a été formée postérieurement au métamorphisme des calcaires, c'est pourquoi je la décris dans ce paragraphe.

Les cristaux, dont quelques-uns atteignent 8^{cm} de longueur, ont la forme de grandes baguettes minces ; ils sont maclés et parfois aplatis suivant h^1 (100). Cette dernière face est en général peu développée; les faces dominantes sont p (001), a^2 ($\bar{1}02$), a^1 ($\bar{1}01$), h^1 (100) ; les mesures précises sont impossibles en raison des cannelures et de l'arrondissement des faces ; les cristaux placés sur le goniomètre donnent une suite non interrompue d'images superposées. Les cristaux sont terminés par $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) ou par m (110). Les extrémités sont souvent arrondies ou dentelées et trahissent alors la structure intérieure des cristaux formés par l'empilement d'un grand nombre d'individus très minces : ils sont jaune verdâtre pâle et parfois transparents.

Aux environs de Barèges, sur les flancs du pic d'Espade, j'ai observé dans le granite ainsi que dans les calcaires et les schistes paléozoïques modifiés par lui, des filons ou des bancs (dépassant parfois 1 mètre d'épaisseur), constitués par de l'axinite et de l'épidote. Ce dernier minéral forme rarement des cristaux nets dans des géodes généralement remplies par de la calcite. On y rencontre parfois des blocs énormes, pauvres en axinite et presque exclusivement formés par de l'épidote en sphérolites grossièrement fibreux, serrés les uns contre les autres et pouvant atteindre 2^{cm} de diamètre.

Dans les druses d'un échantillon d'axinite de la montagne de Campana, située à l'ouest du pic d'Espade, j'ai observé de petits cristaux d'épidote vert pistache de la forme p (001), a^1 ($\bar{1}01$), h^1 (100), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), maclés et aplatis suivant h^1 (100) ; ils proviennent du même genre de gisement.

Dans les lits basiques des gneiss granulitiques de la montée du lac Bleu, par Chiroulet (Vallée de Lesponne), j'ai rencontré des cristaux d'épidote jaune verdâtre engagés avec actinote dans des cavités remplies de calcite ; ces cristaux atteignent 1^{cm} de diamètre, les faces dominantes dans la zone horizontale sont : p (001), o^1 (101), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$) ; je n'ai pu dégager de sommets intacts.

C'est probablement au même genre de gisement qu'il faut rapporter de gros cristaux d'épidote jaune pâle accompagnés de ripidolite recueillis par M. Frossard à Saligos, entre Luz et Pierrefitte.

Dans la syénite néphélinique de Pouzac, près Bagnères-de-Bigorre, l'épidote vert pistache associée au grenat est fréquente comme produit secondaire. M. Frossard y a trouvé des cristaux sur lesquels M. des Cloizeaux a observé les formes suivantes : h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$), et aux extrémités m (110), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$). Ils sont aplatis et maclés suivant h^1 (100), (fig. 4) ; ils sont parfois transparents.

Haute-Garonne. — Charpentier (*op. cit.* 135) signale de jolis cristaux d'un vert sale dans les fentes du granite au lac glacé d'Oo, à Bordes, Bonac, Orle. Ils sont, d'après cet auteur, analogues à ceux du Dauphiné. M. Gourdon m'en a indiqué au Port-Vieux, dans les fissures du granite, et m'a communiqué un échantillon d'épidote jaune pâle bacillaire du Pont de Mousquères près Luchon, engagée avec chlorite dans de la calcite lamellaire.

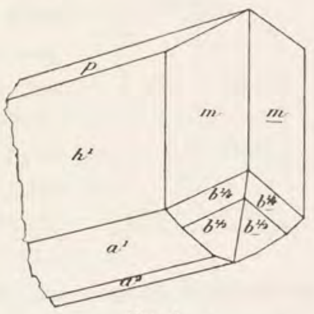


Fig. 4.
Macle suivant h^1 (100) de l'épidote de Pouzac.

Ariège. Sur la rive droite du torrent d'Arnave et en amont de ce village il a été fait autrefois des recherches sur un amas de magnétite intercalé au milieu des gneiss granulitiques. La gangue du minerai est un mélange d'amphibole, de grenat mélanite et d'épidote.

J'y ai recueilli quelques bons cristaux vert pistache foncé, engagés dans du quartz et quelquefois moulés par de la calcite. Ils sont aplatis suivant p (001) et présentent, en outre, les formes suivantes a^2 ($\bar{1}02$), a^1 ($\bar{1}01$), h^1 (100) ; ils sont terminés par e^1 (011) et m (110), ils se rapprochent du type de la fig. 7.

Les gneiss d'Arignac renferment par places, au milieu d'amphibolites, d'énormes blocs d'épidote ; je n'y ai trouvé que des cristaux indistincts.

A Cabre, sur le côté gauche de la route de Tarascon à Vicdessos et peu avant ce bourg, les gneiss granulitiques renferment une masse énorme d'une roche curieuse, extrêmement tenace, exploitée pour l'empierrement. Elle me semble intercalée dans les gneiss bien que ses relations stratigraphiques ne soient pas très claires. Cette roche d'un jaune verdâtre clair est une véritable *épidotite* ; elle est, en effet, constituée en grande partie par de l'épidote souvent accompagnée de quartz, de pyroxène ou d'amphibole et de sphène. Elle est parcourue par des veines atteignant plus d'un mètre d'épaisseur d'un pyroxène

vert jaune très pâle, remarquable par ses plans de séparation suivant p (001) ; il est facile d'en détacher des fragments clivés ayant 1 décimètre de plus grande dimension.

J'ai trouvé dans cette roche une géode tapissée de jolis cristaux d'épidote jaune pâle que j'ai facilement débarrassés par un acide du calcaire qui les enveloppait. Ils sont très fragiles; leurs faces sont généralement peu réfléchissantes. Ils sont pour la plupart aplatis suivant p (001) et présentent les faces p (001), h^1 (100), et offrent à leurs extrémités m (110) dominant avec $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et e^1 (011) (fig. 5). Dans d'autres cristaux, on observe en outre a^1 ($\bar{1}01$) : les faces e^1, $b^{1/2}$ et m présentent le même développement (fig. 6). Enfin d'autres cristaux ont la même forme que ceux d'Illéou représentés par la fig. 3.

Fig. 5.
Épidote de Cabre, projection sur g^1 (010).

Dans les environs de Quérigut, l'épidote se rencontre en longs cristaux jaune très pâle (rappelant ceux de la piquette déras lids) dans les filonnets de quartz traversant les calcaires précambriens ou paléozoïques métamorphisés par le granite (voy. à *grenat grossulaire*). On peut citer spécialement à cet égard les environs du port de Paillières au-dessus de Mijanès, et le mont-Ginevra à l'ouest de Quérigut.

Plateau Central. — Bien que l'épidote soit très abondante comme élément des amphibolites, des gneiss amphiboliques et pyroxéniques et d'une façon générale de tous les schistes cristallins et roches éruptives acides du Plateau central, aucun gisement riche en cristaux ne me semble particulièrement digne d'être noté.

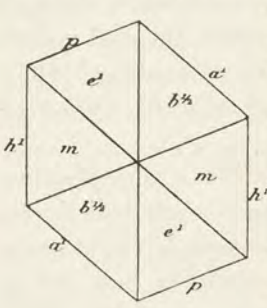


Fig. 6.
Épidote de Cabre, projection sur g^1 (010).

Peut-être faut-il faire exception pour les gneiss de Saint-Jumien (*Haute-Vienne*) dans lesquels le frère Euthyme m'a indiqué de grandes baguettes jaune vert sale d'épidote facilement clivables suivant p (001) et h^1 (100) remarquables par leur grande taille (3 à 4^{cm}).

M. Gonnard a signalé également l'épidote dans le granite à amphibole d'Enval, près Riom (*Puy-de-Dôme*). (*B. S. M.* II. 179. 1879.)

Alpes. — *Haute-Savoie.* La granulite (protogine) du massif du mont Blanc et les micaschistes qu'elle a modifiés présentent fréquemment

des druses tapissées de cristaux d'épidote. Les gros cristaux semblent avoir été abondants autrefois, mais on ne les trouve plus guère que dans les vieilles collections.

Lévy (*Descr. Coll. Heuland.* II. 116. 1838) a décrit et figuré (Atlas pl. XXXVI et XXXVII) [1] des cristaux verts isolés ou engagés dans du quartz et les indique comme provenant de Chamonix, sans indication plus précise. Ces cristaux sont parfois maclés suivant h^1 (100) sans angles rentrants.

D'après les figures de cet auteur et d'après mes propres observations sur les cristaux de Charmoz, du glacier d'Argentière et de Courmayeur, les cristaux de cette région peuvent être rapportés à huit types différents suivant qu'ils sont terminés ou non par la face g^1 (010), suivant qu'ils sont aplatis, parallèlement à p (001), h^1 (100) ou à a^3 ($\bar{1}03$) ou enfin qu'ils ne présentent pas d'aplatissement spécial.

1er *type*. Cristaux aplatis suivant p (001) ou tout au moins ayant cette face très développée et présentant à leur extrémité la face g^1 (010) (Lévy, planche XXXVII, fig. 16 et 19). Dans un cristal, en outre de p et g^1, Lévy a dessiné les formes $o^{1/2}$ (201), h^1 (100), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), a^1 ($\bar{1}01$), a^3 ($\bar{1}03$), m (110), e^1 (011), e^2 (012). Un autre cristal présente en plus $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$).

J'ai observé de petits cristaux verts transparents de ce type provenant de Charmoz, ils présentent les faces p (001), o^1 (101), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$) et sont terminés à leurs extrémités par les faces m (110), e^1 (011) avec g^1 (010) plus ou moins développées suivant les échantillons. Ils sont comparables comme forme aux cristaux du Striegau décrits et figurés par M. Bücking.

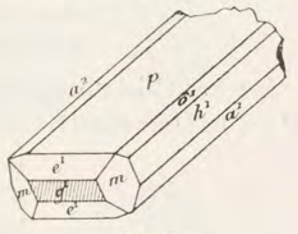


Fig. 7.
Épidote de Charmoz.

1. Lévy a adopté une forme primitive différente de celle que j'ai admise à la suite de Marignac et Des Cloizeaux ; pour la facilité de la lecture des figures de Lévy, voici quelle est la correspondance de ces deux systèmes :

Notre	Lévy	Notre	Lévy	Notre	Lévy
p (001) =	h^1	$a^{1/3}$ ($\bar{3}01$) =	a^3	$d^{1/2}$ (111) =	$d^{1/2}$
h^1 (100) =	p	$a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) =	a^2	b^1 ($\bar{1}12$) =	a
g^1 (010) =	g^1	a^1 ($\bar{1}01$) =	a^1	$b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) =	$b^{1/2}$
m (110) =	e^1	a^3 ($\bar{1}03$) =	$a^{1/3}$	$b^{1/4}$ ($2\bar{2}1$) =	(b^1 $b^{1/2}$ $g^{1/2}$)
h^3 (210) =	e^2	e^2 (012) =	h^3	$a_{;}$ ($\bar{2}11$) =	b^1
$o^{1/2}$ (201) =	o^2	e^1 (011) =	m		
o^1 (101) =	o^1				

2e *type*. Cristaux avec p (001) très développé et pas de faces g^1 (010). Les faces observées sont p (001), $o^{1/2}$ (201), h^1 (100), $a^{1/2}$ ($\bar{2}$01), a^1 ($\bar{1}$01), m (110), e^1 (011), $b^{1/2}$ ($\bar{1}$11), $b^{1/4}$ ($\bar{2}$21). (Lévy, planche XXXVII, fig. 12).

Les cristaux de ce type présentent des macles sans angles rentrants (même planche, fig. 11 et planche XXXVI, fig. 4).

La collection du Museum renferme un gros cristal vert de 4^{cm} de longueur de la forme p (001), o^1 (101), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}$01) et m (110). Il provient du même gisement.

3e *type*. Cristaux aplatis suivant h^1 (100) et présentant la face g^1 (010).

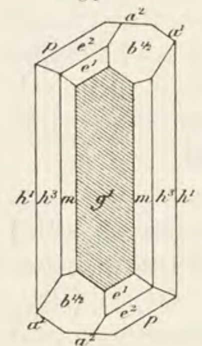


Fig. 8.
Épidote du glacier d'Argentière, projection sur g^1 (010).

J'ai eu l'occasion d'étudier de fort jolis cristaux transparents d'un jaune un peu verdâtre provenant du glacier d'Argentière et de Courmayeur. Ils sont souvent aplatis suivant h^1 (100) et sont riches en faces. Un cristal présente la forme p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}$01), a^2($\bar{1}$02), h^3 (210), m (110) et aux extrémités g^1 (010), e^1 (011), e^2 (012), $b^{1/2}$ ($\bar{1}$11) fig. 8. Un autre possède en outre $d^{3/2}$ (113), $d^{1/2}$ (111).

Lévy dans son texte cite un cristal de Chamonix aplati suivant h^1 (100), présentant les formes p (001), a^3 ($\bar{1}$03), a^1 ($\bar{1}$01), $a^{1/3}$ ($\bar{3}$01), m (110), g^1 (010), e^2 (012). Cependant, dans son atlas, la figure correspondante est représentée avec un aplatissement marqué suivant a^3 ($\bar{1}$03) (planche XXXVI, figure 8).

4e *type*. Cristaux aplatis suivant h^1 (100) et ne présentant pas de faces g^1 (010). Une observation analogue à la précédente doit être faite pour le cristal p (001), h^1 (100), $a^{1/2}$ ($\bar{2}$01), a^1 (101), a^3 ($\bar{1}$03), a_3 ($\bar{2}$11) de la fig. 6, planche XXXVI de Lévy. Mais comme, dans le texte, le gisement de Chamonix est indiqué en seconde ligne, il est possible que la figure se rapporte à un cristal du Dauphiné présentant les mêmes formes avec un aplatissement différent.

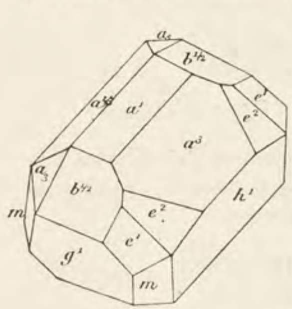


Fig. 9.
Épidote de Chamonix.

5e *type*. Cristaux aplatis suivant a^3($\bar{1}$03) et présentant aux extrémités les faces g^1 (010) très développées (Lévy, planche XXXVII, fig. 15 et 17). Les faces des cristaux de ce type présentent en outre des deux formes précédentes, h^1 (100), $a^{1/2}$ ($\bar{2}$01), m (110), e^2 (012),

$b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), a_3 ($\bar{2}11$) (fig. 9), un autre cristal présente h^1 (100), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), a^1 ($\bar{1}01$), h^3 (210), e^1 (011), e^2 (012), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et a_3 ($\bar{2}11$).

6e *type*. Cristaux aplatis suivant a^3 ($\bar{1}03$) et dépourvus de la face g^1 (010) ; les extrémités sont formées par les faces m (110). Les cristaux présentent en outre les formes suivantes : p (001), a^1 ($\bar{1}01$) ou enfin p (001), o^1 (101), h^1 (100), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), a^1 ($\bar{1}01$) (fig. 10) (planche XXXVI, fig. 2 et 7).

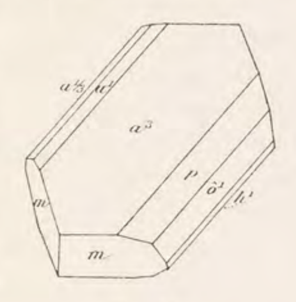


Fig. 10.
Épidote de Chamonix.

7e *type*. Cristaux non aplatis et terminés par g^1 (010). Les cristaux du glacier d'Argentière du 3e type sont accompagnés parfois de cristaux présentant les mêmes faces, mais en différant par ce fait que le cristal n'est pas aplati ; les faces de la zone horizontale sont très cannelées et rendent souvent les mesures presque impossibles.

La figure 11 représente un de ces cristaux dans lequel j'ai pu déterminer dans la zone de symétrie les faces suivantes : p (001), a^2 ($\bar{1}02$), a^1 ($\bar{1}01$), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), $a^{6/7}$ ($\bar{7}06$), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), h^1 (100).

8e *type*. Cristaux non aplatis et dépourvus des faces g^1 (010). J'ai rencontré parmi les cristaux d'Argentière des cristaux terminés par $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et présentant dans la zone horizontale un grand nombre de faces courbes non mesurables donnant aux cristaux une forme cylindrique (fig. 12).

Fig. 11.
Épidote du glacier d'Argentière, projection sur g^1 (010).

Tout récemment MM. Duparc et Mrazec ont énuméré les faces qu'ils ont trouvées sur des cristaux d'épidote vert brunâtre provenant du glacier d'Argentière et de celui de Miage (*Arch. Sc. phys. et nat.* Genève XXVII. 659. 1889). Ces cristaux atteignent 15^{cm} de longueur et sont fréquemment tordus ; ils présentent les faces h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et ($b^{1/2} b^{1/6} h^{1/3}$) ($\bar{4}23$).

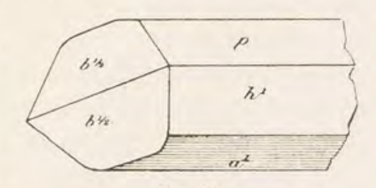


Fig. 12.
Épidote du glacier d'Argentière.

Au moment de la mise en pages de cette feuille, j'ai reçu de M. Duparc une série de ces cristaux qu'il ne m'a pas été possible d'étudier encore : ils se rapportent aux types, 3, 4, 8 : ils seront décrits dans le 1er supplément de cet ouvrage.

Enfin il y a lieu de signaler l'épidote filonienne ou formant des croûtes en buisson dans les fissures du granite (protogine) du glacier des Bossons, des Petits-Mulets, du Brévent, du dôme du Goûter, du glacier de Letalay, etc.

Isère. L'épidote est extrêmement abondante dans le Dauphiné où elle tapisse les fissures des amphibolites et des chloritoschistes plus ou moins granulitisés.

Romé de l'Isle (*op. cit.* II. 405) signale déjà le « *shorl vert* » du Bourg-d'Oisans découvert par de Bournon ; plus tard, de Saussure décrivit ce minéral sous le nom de *delphinite* pour rappeler son abondance dans le Dauphiné. Il a été aussi appelé *oisanite* ; (ce nom a été également donné à l'anatase).

Les gisements qui ont fourni les plus beaux cristaux se trouvent aux environs du Bourg-d'Oisans.

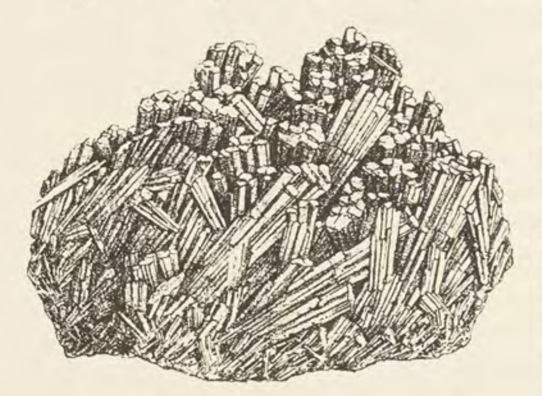


Fig. 13.
Épidote en buisson du Cornillon.

Les échantillons généralement distribués dans les collections et dont la fig. 13 représente le faciès habituel proviennent en grande partie des abrupts sud et est du sommet de la montagne désigné sur la carte d'état-major sous le nom de Cime-du-Cornillon (au nord-ouest du Bourg-d'Oisans). Dans beaucoup de vieilles collections et notamment dans celle du Museum de Grenoble, ils sont inexactement indiqués comme provenant de Malène. La localité ainsi désignée est le hameau de Mélaine, bâti sur le *lias*, qui vient s'appuyer sur les schistes cristallins du Cornillon beaucoup plus bas que le gisement de l'épidote.

Les échantillons du haut du Cornillon sont formés par l'agglomération en forme de buisson d'un grand nombre de cristaux à axes plus ou moins parallèles ; leur couleur est le vert olive souvent presque noir.

Le cachet de ces cristaux réside dans l'existence constante à leurs extrémités d'une large face g^1 (010), souvent accompagnée d'une bordure de m (110), $b^{1/2}$ ($\bar{1}12$) et plus rarement de h^3 (210). Les faces de

la zone horizontale les plus habituelles sont p (001), o^1 (101), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}$01).

Ces cristaux tapissent des fissures d'amphibolites granulitisées. On a trouvé dans ce gisement des fentes de plusieurs mètres carrés entièrement tapissées de cristaux d'épidote, implantés normalement à la paroi.

Sur le même côté du Cornillon, mais à un niveau moins élevé, le guide Albertazzo exploite des veines d'épidote de même forme et de même couleur ; elles sont accompagnées d'autres filonnets, riches en axinite et contenant des cristaux d'épidote de forme spéciale décrits par M. Groth et signalés plus loin.

Les échantillons que j'ai vus chez M. Albertazzo sont quelquefois accompagnés de quartz hyalin.

Les auteurs qui ont décrit les cristaux d'épidote de cette région n'ont généralement pas précisé les provenances exactes de leurs matériaux d'étude et les ont indiqués comme provenant du Dauphiné ou du Bourg-d'Oisans.

Les travaux qui vont être résumés se rapportent à des cristaux du type de ceux du Cornillon.

Hermann (*J. für prakt. Chem.* XLIII. 93. 1848 et LXXVIII. 298. 1859) a décrit et analysé des cristaux vert olive de la forme p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}$01) terminés par g^1 (010) très développée et $b^{1/2}$ ($\bar{1}\bar{1}$1), m (110) et h^3 (210).

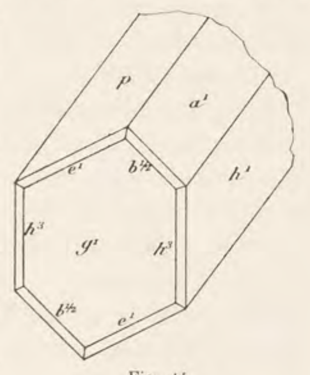


Fig. 14.
Épidote du Cornillon.

Hessenberg (*Mineral. Notizen*, n° 1) a décrit et figuré la combinaison : p (001), h^1 (100), o^1 (101), a^1 ($\bar{1}$01) (h^1 et o^1 sont très réduites), avec les faces suivantes aux extrémités : g^1 (010) dominante, h^3 (210) et a_3 ($\bar{2}$11), g^1 est fortement strié parallèlement à l'arête a^1 g^1 ($\bar{1}$01) (010) ; enfin la face a_3 est très réduite.

Haidinger a décrit (*Edingh.* J. X. 312. 1824) des cristaux du même type : p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}$01), g^1 (010), h^3 (210).

Lévy a figuré deux cristaux d'épidote de cette région (*Descr. de la Coll. Heuland*, pl. XXXVI). L'un présente les formes p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}$01) également développées ; la face g^1 (010) est large et bordée

par e^1 (001), $b^{1/2}$ ($\bar{1}$11), h^3 (210), l'autre présente en outre $o^{1/2}$ (201), a^3 ($\bar{1}$03) peu développée et ne possède pas $b^{1/2}$.

Les cristaux du Cornillon que j'ai personnellement étudiés ne m'ont présenté aucun fait nouveau. La fig. 14 représente l'un d'eux offrant la première des combinaisons décrite par Lévy.

J'ai recueilli des cristaux de ce même type, associés à du quartz hyalin dans les fissures des schistes amphiboliques du massif du Taillefer, au-dessus du hameau des Roberts-en-Livet.

Enfin M. Termier m'a signalé l'abondance des cristaux d'épidote dans les fentes des amphibolites granulitisées de la chaîne de Belledonne et particulièrement de la partie haute de la Combe de Madame (région des Sept Lacs). Les cristaux que je dois à l'obligeance de ce savant sont identiques à ceux du Cornillon.

Le même minéral est très abondant dans tout le massif du Pelvoux.

Les cristaux d'épidote caractérisés par la prédominance de la face g^1 à leurs extrémités ne sont pas les seuls que l'on rencontre dans le Dauphiné ; en effet, M. Groth, dans le compte rendu d'une excursion dans cette région, a signalé (*Sitzb. Bayr. Akad.* 1885. 382) dans les fentes des amphibolites du flanc S. et E. du Cornillon des cristaux d'épidote jaune vert clair, accompagnés d'axinite : ils présentent les formes : p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}$01) et aux extrémités $b^{1/2}$ ($\bar{1}$11). Ces cristaux sont fortement striés suivant la zone horizontale et sont en réalité constitués par l'empilement de cristaux très minces.

Les échantillons de ce gisement que m'a remis M. Albertazzo sont fréquemment riches en épidote groupée en faisceaux bacillaires. Les filonnets renfermant ces minéraux alternent avec d'autres dont il a été question plus haut et qui ne contiennent que de l'épidote vert foncé.

De beaux cristaux d'épidote vert foncé ont été trouvés autrefois dans les exploitations argentifères de la montagne de Chalanches près Allemont (Héricart de Tury. *I. M.* XX. 59. 1006). Ces cristaux se trouvent avec quartz, axinite, amiante et chlorite. M. Lory les a analysés. (*Analyse h.*)

J'ai eu l'occasion de voir dans une vieille collection des cristaux indiqués comme provenant de ce gisement ; ils présentent une grande analogie avec les cristaux de Traversella (Montaieu) : ils sont aplatis suivant p (001) et terminés par m (110) ; il ne m'a du reste pas été possible de les étudier d'une façon complète.

Dans l'Oisans, on rencontre associés à l'axinite, au quartz et à la

prehnite des cristaux d'un vert jaunâtre clair ou d'un jaune pâle : ils sont rarement terminés soit par g^1 (018), soit par $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) dans un même gisement. Ces cristaux sont souvent vendus sous le nom impropre de *zoisite*.

Les gisements à signaler sont le rocher d'Armentier, au-dessus du hameau du Vernis (Bourg-d'Oisans), la Balme-d'Auris, la Rampe-des-Commères (quartier de la montagne du Mont-de-Lans sur la route de Briançon), les environs du Chalet de la Selle, dans la gorge du Diable près Saint-Christophe (Combe de la Selle).

Les cristaux de la Rampe-des-Commères sont parfois groupés en masses grossièrement fibreuses et colorées en rouge par des inclusions d'hématite. Dans une fissure riche en cristaux d'axinite et de quartz découverte cette année par le guide Albertazzo, j'ai observé des cristaux fort nets d'épidote souvent englobés par le quartz.

A la Combe de la Selle, les cristaux jaune brunâtre sont rarement nets, ils sont associés à la prehnite, l'axinite, l'asbeste.

Il me reste à passer en revue les cristaux d'épidote décrits par divers auteurs comme provenant du Dauphiné ou de l'Oisans et dont je ne puis préciser le gisement exact.

Lévy a figuré avec l'indication « département de l'Isère » des cristaux présentant l'un (pl. XXXVI. fig. 6), les formes p (001), h^1 (100), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), a^1 ($\bar{1}01$), a^3 ($\bar{1}03$), m (110) et a_3 ($\bar{2}11$), ce cristal est aplati suivant a^3 ($\bar{1}03$) ; l'autre (pl. XXXVII, fig. 14), les faces p (001), h^1 (100), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), a^5 ($\bar{1}05$) et aux extrémités h^3 (210), m (110), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$). Le premier est indiqué comme étant accompagné d'amphibole, le second de quartz.

M. Marignac a donné (*Arch. Sc. phys. Genève*. IV. 148. 1847) des angles mesurés sur des cristaux du Dauphiné sans indiquer ni la provenance exacte, ni le faciès des cristaux qu'il a étudiés. Il y a trouvé les formes suivantes : p (001), o^1 (101), $o^{1/2}$ (201), h^1 (100), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), $a^{2/3}$ ($\bar{3}02$), $a^{6/7}$ ($\bar{7}06$), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$), g^1 (010), h^3 (210), m (110), e^1 (011), e^2 (012), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $v = (b^1 b^{1/3} h^{1/2})$ ($\bar{2}12$) et peut-être $l = (b^{1/4} b^{1/6} h^{1/2})$ ($\bar{5}12$).

Dans sa monographie de l'épidote, M. Bücking (*Z. K.* II. 400. 1878) décrit à la suite de l'épidote de l'Oisans un cristal isolé, indiqué comme provenant de *Sala* (localité inconnue en Oisans). Ce cristal, dont la projection sur g^1 est représentée par la fig. 15, est aplati suivant p (001) ; il présente les nombreuses faces suivantes :

p (001), o^2 (102), o^1 (101), h^1 (100), $a^{1/5}$ ($\bar{5}$01) a^1 (101), a^2 ($\bar{1}$02) et aux extrémités les faces $b^{1/2}$ ($\bar{1}$11) dominantes avec g^1 (010), $n = (b^{1/23}\ d^{1/25}\ g^1)$ ($\bar{1}$.24.1) $w = (b^{1/7}\ d^{1/9}\ g^1)$ ($\bar{1}$81), m (110), h^3 (210), e^2 (012), e^1 (011), $l = (b^{1/4} b^{1/16}\ h^{1/5})$ ($\bar{5}$12).

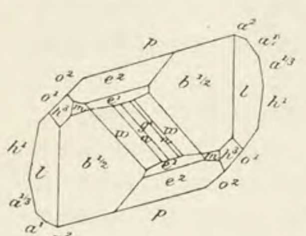


Fig. 15.
Épidote de l'Oisans, projection sur g^1 (010).

Le même auteur a décrit un cristal vert pistache clair, implanté avec quartz sur de l'épidote compacte et indiqué comme provenant du mont Sorel. On sait qu'il n'existe pas en Dauphiné de montagne de ce nom (voy. monazite) ; le gisement en question est peut-être l'Alpe Sarrel qui se trouve au N.-E. du Bourg-d'Oisans, près du hameau de Maronne, célèbre par les beaux cristaux de calcite et de quartz qu'on y a trouvés autrefois.

Quoi qu'il en soit, ce cristal présente (fig. 16) les formes p (001), h^1 (100), $a^{1/3}$ ($\bar{3}$01), a^1 ($\bar{1}$01), $d^{1/2}$ (111), $b^{1/2}$ ($\bar{1}$11), e^2 (012) e^1 (011), h^3 (210), m (110), g^1 (010), a_3 ($\bar{2}$11) et peut-être o^2 (102), $a^{4/3}$ ($\bar{3}$04) et a^2 ($\bar{1}$02) qui n'ont pu être mesurées avec précision.

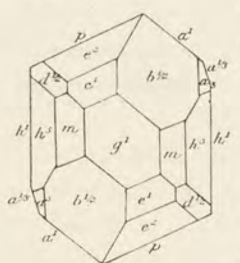


Fig. 16.
Épidote de l'Oisans, projection sur g^1 (010).

On remarquera l'analogie de forme que présente ce cristal avec ceux du massif du Mont-Blanc représentés par les fig. 8 et 11 et l'on peut se demander s'il ne provient pas du même gisement.

J'ai eu l'occasion d'étudier des cristaux vert pistache foncé atteignant 2cm 5, et indiqués comme provenant de l'Oisans sans indication plus précise ; leurs faces dominantes sont : p (001), h^1 (100), $a^{4/3}$ ($\bar{3}$04), a^1 ($\bar{1}$01), $b^{1/2}$ ($\bar{1}$11). En outre des faces précédentes, ils présentent dans la zone horizontale d'autres faces qui n'ont pu être mesurées à cause de profondes cannelures dans la zone d'allongement.

M. Damour possède dans sa collection un échantillon identique avec cristaux terminés à leurs deux extrémités par $b^{1/2}$ ($\bar{1}$11) ; ils sont implantés avec quartz sur un gros cristal de calcite.

Le frère Euthyme m'a communiqué un échantillon d'épidote verte, moulée par de la calcite et recouverte par places par de petites paillettes d'*or natif*. Il est indiqué comme provenant de l'Oisans sans gisement plus précis.

Un autre échantillon est constitué par de l'épidote jaune verdâtre

rappelant comme couleur celle de la Piquette déras lids ; les cristaux sont groupés en grand nombre, formant des masses bacillaires dans des veines quartzeuses d'un chloritoschiste imprégné de chalcopyrite et de calcite.

Corse. — De petits cristaux verts d'épidote accompagnés d'albite et de chlorite ont été trouvés dans les fissures de la syénite de Matoni près Alata.

Madagascar. — M. Damour possède deux fragments d'un énorme cristal d'épidote présentant une surface de clivage très facile p (001) ayant environ 4^{cm} de côté, ainsi qu'un clivage très net suivant h^1 (100). Le minéral d'un beau vert foncé est translucide en lames de clivage un peu épaisses. Il a été trouvé avec la tourmaline décrite page 104 dans un lot de minéraux de Madagascar sans indications précises de gisement.

2° *Dans les roches éruptives non quartzifères.*

L'épidote est un des minéraux secondaires les plus fréquents comme produit d'altération des feldspaths basiques. La transformation se fait d'une façon analogue à celle que nous avons signalée pour leur transformation en zoïsite (*saussuritisation*) et que nous étudierons en détail à l'article Feldspaths (altération).

Dans les roches feldspathiques basiques, l'épidote s'isole souvent en cristaux microscopiques qui nous occuperont seuls ici.

Normandie et Bretagne. — Dans les diabases, diorites, porphyrites, kersantites de Bretagne et de Normandie, l'épidote est extrêmement répandue comme produit secondaire, s'isolant parfois en veinules ou en masses grenues ou fibreuses. Dans aucun gisement à ma connaissance, on n'a trouvé de cristaux déterminables.

Pyrénées. — Les roches vertes désignées dans les Pyrénées sous le nom d'*ophites* (diabases, gabbros et porphyrites à structure ophitique) renferment en grande abondance de l'épidote qui forme très souvent le remplissage de fissures pouvant atteindre 7 à 8^{cm} de largeur. Les cristaux groupés d'une façon grossièrement parallèle sont en général implantés normalement aux parois de la fissure. Quelquefois on trouve dans des cavités de petites aiguilles enchevêtrées. Je n'ai

trouvé que très rarement des cristaux déterminables. Dans quelques gisements, l'épidote constitue une portion importante de la roche.

L'oligiste lamellaire, le quartz, la calcite, l'asbeste sont les minéraux qui accompagnent le plus souvent l'épidote des roches ophitiques.

Il existe dans les Pyrénées plusieurs centaines de pointements ophitiques qui tous contiennent plus ou moins d'épidote. Je me contenterai de citer ceux dans lesquels ce minéral a été rencontré en abondance exceptionnelle.

Landes. Port-Sainte-Marie en Port-de-Lanne ; petits cristaux enchevêtrés : p (001), o^2 (102), a^2 ($\bar{1}$02), a^1 ($\bar{1}$01), $b^{1/2}$ ($\bar{1}$11), g^1 (010) accompagnés de quartz et d'amphibole vert très pâle. Ces cristaux sont souvent colorés en rouge par des inclusions d'hématite. Saint-Pandelon, aux environs de Dax. Palassou a signalé de petits cristaux très brillants au monticule de Bonnehon, près Sainte-Marie de Gosse.

Basses-Pyrénées. Mont Baygoura.

Hautes-Pyrénées. Gerde, Le Courret (vallée de Lesponne), Trebons près Bagnères-de-Bigorre, Lourdes, etc.

Haute-Garonne. Col de Menté entre Couledoux et Saint-Béat.

Ariège. Lacourt, Vernaux (avec asbeste), Vèbre, Lordat, etc.

Alpes. — La même observation peut être faite pour les roches éruptives non quartzifères du reste de la France et notamment pour les gabbros (euphotides) des Alpes qui sont en général très riches en filonnets secondaires d'épidote.

Corse. — L'épidote se rencontre dans les druses de la diorite de la pointe de Parata.

Algérie. — Il en est de même pour les roches ophitiques de l'Algérie qui présentent une grande analogie avec celles des Pyrénées.

Je citerai cependant un échantillon d'épidote que m'a communiqué M. Bleicher. Il provient du N.-N.-O. du poste de Djenian-bou-Resg, près Figuig (*Oran*). Il se trouve avec les ophites décrites par ce savant (in Thomas *B. S. G.* 3e série. XIX. 440. 1891). L'épidote forme sur le quartz des masses bacillaires de 2cm vert jaunâtre clair. Elle est accompagnée d'hématite.

3° *Épidote comme produit de contact des roches éruptives.*

L'épidote se présente parfois dans les calcaires modifiés par des roches éruptives (granites, diabases, kersantites, etc.).

On peut citer à cet égard les calcaires modifiés par le granite de Dielette (*Manche*), ceux de l'Arbizon (*Hautes-Pyrénées*), de Bordes (*Haute-Garonne*), les cornes vertes du *Lyonnais*, du *Beaujolais* et du *Morvan ;* les roches grenatifères de Framont, etc.

M. Gourdon m'a communiqué des nodules ayant environ 4^{cm} de diamètre et constitués par une épidote jaune vert clair en baguettes très serrées, divergeant d'un centre : ils proviennent des calcaires de Senet [*Catalogne*] et accompagnent le grenat qui sera décrit plus loin.

Dans tous ces gisements, l'épidote forme rarement des cristaux nets et se présente en masses plus ou moins cristallines le plus souvent associées à du grenat. Les calcaires des environs de Barèges (*Hautes-Pyrénées*) renferment quelquefois des cristaux d'épidote, mais ceux-ci se sont formés par des druses postérieures à l'action du granite ; ils ont été décrits page 140.

Quant aux cristaux décrits comme épidote grise par de Charpentier (*op. cit.*, 222) et plus tard par Haüy dans les calcaires du mont Béat, d'Aulus, du col de la Trappe (*Ariège*) et divers autres points des Pyrénées, ils sont à rapporter au dipyre (couzéranite) et non à l'épidote.

PIÉMONTITE

$$H^2\,Ca^4\,(Al\,Mn)^6\,Si^6\,O^{26}.$$

$$b : h = 1000 : 966{,}927.\ D = 527,\ 626.\ d = 849{,}477.$$

$$[a : b : c = 1{,}6100 = 1 : 1{,}8326\ \text{(Laspeyres)}]$$

$$z\,x = 64^{\circ}\,39'.$$

Formes observées. m (110), h^1 (100), p (001), a^1 ($\bar{1}01$), $b^{1/2}$ $\bar{1}11$).

Macles. Macles habituelles de l'épidote suivant h^1 (100) et très rarement suivant p (001).

	Angles calculés.		Angles calculés.		Angles calculés.
mm	169°	ph^1	115° 21′	$pb^1/^2$	104° 44′
		pa^1	116° 30′		

Faciès des cristaux. Le seul cristal que j'ai observé est aplati suivant p (001) et allongé suivant l'arête ph^1 (001) (100) comme l'épidote normale.

Clivages. Clivage facile suivant p (001), moins facile suivant h^1 (100). Très fragile.

Dureté. Supérieure à 6.

Densité. 3,40.

Coloration. Rouge, brun rouge plus ou moins foncé. Poussière rouge cerise. Éclat vitreux.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë positive. D'après M. Laspeyres, dans la piémontite de Saint-Marcel la bissectrice obtuse (n_p) fait un angle de 6° 41′ (Na) avec l'axe vertical dans l'angle aigu ph^1 (001) (100) ; la bissectrice aiguë fait un angle de 32° 2′ avec la trace de p (001).

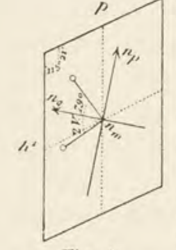


Fig. 1. Plan des axes optiques parallèle à g_1(010).

M. des Cloizeaux a obtenu pour l'écartement des axes de la piémontite de Saint-Marcel (*B. S. M.* VI, 24. 1883) :

$$2\ H_a = 82° \text{ à } 90°$$
$$2\ H_o = 121° \text{ à } 126°$$

conduisant pour la valeur (moyenne) de l'angle réel des axes :

$$2\ \mathbf{V} = 79° \text{ environ.}$$

La biréfringence maximum est voisine de celle de l'épidote.

Pléochroïsme. — Le pléochroïsme est caractéristique et intense même en lames minces. On observe les teintes suivantes :

$\mathbf{n}_g$ = rouge vif.
$\mathbf{n}_m$ = violet améthyste.
$\mathbf{n}_p$ = jaune orange ou jaune citron.

Composition chimique. Je n'ai pu isoler une quantité de substance suffisante pour faire une analyse de la piémontite de Groix.

Essais pyrognostiques. Facilement fusible au chalumeau en un verre noir. Avec le borax, donne les réactions du manganèse. Les autres réactions sont celles de l'épidote.

Diagnostic. La piémontite possède en résumé toutes les propriétés de l'épidote dont elle diffère par sa couleur et son pléochroïsme (teintes rouge et jaune), le signe de sa bissectrice et les réactions du manganèse donnés au chalumean.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La piémontite a été rencontrée dans des gisements manganésifères à St-Marcel [vallée d'Aoste], daes des schistes cristallins et des roches éruptives acides (porphyre rouge antique, granulite, etc.).

Bretagne. — *Morbihan*. J'ai décrit (*B. S. M.* XI. 148. 1888) de très petits cristaux d'épidote manganésifères découverts par M. de Limur dans le micaschite de l'île de Groix.

Les échantillons que j'ai étudiés consistent en trois fragments de fer titané recouverts d'un peu de mica blanc, englobant de petits cristaux rouges qui ne dépassent pas 2^{mm} sur 0^{mm} 25. Ils sont aplatis suivant p (001); leur grande fragilité ne m'a permis d'isoler qu'un très petit fragment qui n'a pu être mesuré. Dans la zone d'allongement, ils présentent les faces p (001) dominantes avec a^1 ($\bar{1}01$), h^1 (100); leur extrémité est toujours arrondie, mais il est possible d'y reconnaître les faces m (110) et $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$).

Un petit cristal examiné au microscope montre à travers p (001) un axe optique. Le milieu du cristal est jaunâtre, tandis que les bords possèdent une couleur violet foncé avec un polychroïsme très marqué.

L'écartement des axes semble varier de la zone jaune à la zone violette et il est fort possible que l'on soit en présence d'un mélange d'épidote et de piémontite. Malgré la ressemblance de ce minéral avec l'épidote rose du Rothenkopf (Zillerthal) qui présente aussi un noyau jaune, je crois devoir rattacher les cristaux de Groix à la piémontite, la bissectrice aiguë étant positive. En raison de la petitesse des cristaux et de leur rareté, je n'ai pu obtenir de plaque suffisante pour la mesure de l'angle des axes optiques qui est très grand.

Plateau central. — *Haute-Loire*. Je signalerai pour mémoire la présence de petits cristaux de piémontite trouvés par M. Boule (*B. C. G. F.* n° 28. II. 39. 1902) comme élément microscopique d'une granulite des environs de Saint-Julien Chapteuil. Cette épidote rose y présente les mêmes caractères que dans le célèbre porphyre rouge antique.

ALLANITE [1]

(ORTHITE)

H^2 (Ca Fe)^4 (Al Ce)^6 Si^6 O^{26}

$b : h = 1000 : 958,388.\ D = 541,958.\ d = 840,415$

$[a : b : c = 1,55070 : 1 : 1,76838]$

$z\ x = 64^o 59'$

L'allanite n'a été rencontrée en France qu'en cristaux microscopiques peu allongés suivant la zone ph^1 (001) (100) et généralement terminés par la face m (110) ; ils sont souvent aplatis suivant h^1 (100). La macle suivant h^1 est assez fréquente.

Clivages, Clivages plus ou moins nets suivant p (001) et h^1 (100).

Dureté. 6.

Densite. 3 à 4.

Coloration. L'allanite est noir de poix et possède un éclat vitreux un peu gras, parfois semi-métallique. En lames minces, le minéral devient transparent ; dans les gisements français, il est brun de diverses nuances, très fréquemment zoné.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Nous avons indiqué, M. Michel Lévy et moi, que la bissectrice aiguë *négative* se confondait sensiblement avec la bissectrice de l'angle obtus ph^1 (001) (100). Depuis lors, j'ai eu l'occasion d'étudier un fragment de cristal d'allanite de Franklin (N. J.) présentant une face p (001) et une large face qui semble être a^1 ($\bar{1}01$).

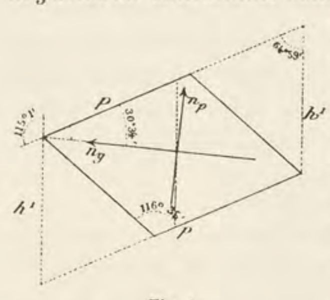


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

L'axe n_g fait un angle de 30° à 34° avec la trace du clivage p (001) dans l'angle *aigu* de $p\ a^1$ (001) ($\bar{1}01$). Il en résulte que la bissectrice *négative* n_p fait un très petit angle avec l'axe vertical, dans l'angle aigu ph^1 (001) (100) (fig. 1). Le minéral étudié n'étant transparent qu'en lames minces, l'angle d'extinction donné plus haut ne doit être considéré que comme une première approximation.

1. Voir *Supplément*. T. IV. 711.

Les propriétés optiques ainsi établies sont tout à fait identiques à celle des autres minéraux du groupe de l'épidote.

n_m = 1.68 à 1.70
2 V = 65° à 70° environ

La dispersion est forte.

La biréfringence est variable dans l'étendue d'une même plage et souvent en relation avec les zones diversement colorées ; son maximum atteint : 0.032 (n_g-n_p). On observe souvent des cristaux complètement isotropes ou ne présentant que de petites plages biréfringentes, comme cela a lieu dans les orthites scandinaves.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est généralement énergique avec :

n_g = brun jaune, brun rouge.
n_m = brun rouge foncé, brun rouge.
n_p = brun verdâtre pâle, brun jaune.

L'allanite détermine des auréoles polychroïques énergiques dans la biotite qui l'englobe.

Composition chimique. L'allanite des gisements français n'a pu être analysée, ce minéral se présentant toujours en cristaux microscopiques. Une petite quantité isolée par les liqueurs denses a été attaquée par un acide ; les terres rares ont été ensuite dissoutes dans du borax ; la perle ainsi formée a donné au spectroscope les bandes d'absorption du didyme.

Essais pyrognostiques. Fusible au chalumeau avec bouillonnement en un verre noir magnétique ; généralement attaquable avec l'acide chlorhydrique avant calcination.

Groupements réguliers d'allanite et d'épidote. — Il est très fréquent dans les roches de voir des cristaux d'allanite entourés par une zone d'épidote jaune qui possède la même orientation cristallographique que la zone brune centrale, tout en ayant une extinction un peu différente (fig. 2).

Diagnostic. La réfringence assez grande, la coloration inégale dans un même cristal, le polychroïsme dans les teintes brunes, les grandes variations dans la biréfringence, enfin l'association avec l'épidote constituent les meilleurs caractères distinctifs de l'allanite.

GISEMENTS

L'allanite se rencontre dans un grand nombre de roches éruptives et métamorphiques. Dans les gisements français, on la trouve presque exclusivement à l'état microscopique. Je citerai les plus intéressants.

1° *Dans les granites et microgranulites.*

Normandie. — *Manche.* Je l'ai rencontrée dans le granite de Flamanville.

Bretagne. — *Finistère.* M. de Limur a signalé autrefois ce minéral dans le granite à cordiérite (pinite) de Huelgoat. Nous avons étudié M. Michel Lévy et moi (*B. S. M.* XI. 65. 1880), l'allanite du Pont-Paul, près Morlaix. Elle y forme de petits cristaux noirs atteignant 0^{mm} 5 que l'on peut parfois reconnaître à l'œil nu ; ils sont en général entourés d'une auréole ocreuse. Ils sont parfois englobés par la biotite et déterminent dans celle-ci des auréoles pléochroïques très intenses. Dans quelques échantillons l'allanite est tellement abondante qu'une préparation mince pour l'étude de la roche en renferme toujours plusieurs cristaux.

Alpes. — *Haute-Savoie.* L'allanite est un élément très fréquent dans le granite (protogine) du massif du Mont-Blanc. D'après M. Michel Lévy qui l'y a découvert (*B. C. G.* n° 9. 12. 1890), ce minéral est d'un brun rouge foncé en lames minces.

Corse. — C'est dans les mêmes conditions que l'allanite se rencontre dans le granite des environs d'Ajaccio ; elle est en général entourée d'épidote.

Cochinchine. — J'ai trouvé l'allanite dans plusieurs des micropegmatites rapportées de Cochinchine par M. Petiton.

2° *Dans les schistes cristallins.*

Bretagne. — *Finistère.* J'ai décrit dans mon mémoire sur les gneiss à pyroxène (*B. S. M.* XII. 139. 1889) de très beaux exemples de cristaux d'allanite entourés d'épidote dans les gneiss amphiboliques de Geffren en Roscoff (fig. 2).

Plateau Central. — *Corrèze*. J'ai également rencontré ce minéral dans un gneiss recueilli par M. Fouqué entre Sexcle et la Broque-

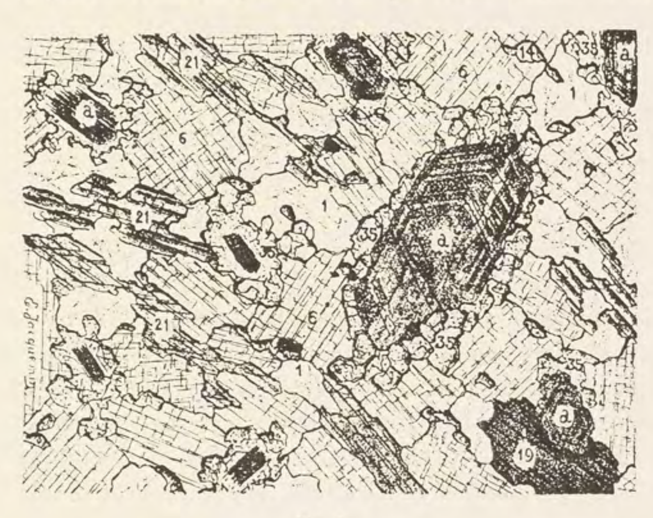


Fig. 2.

Allanite (*a*) entourée d'épidote (35) dans un gneiss amphibolique constitué par de l'oliglocase (6), du quartz (1), de la hornblende (21) et de la biotite (19). — Geffren en Roscoff. (*Lame mince vue en lumière polarisée parallèle.*)

rie. Il détermine des auréoles polychroïques intenses dans la biotite qui l'englobe.

IDOCRASE [1]

$[H^6 (Ca\ Mg)^3 (Al\ Fe^2)]^{11} Si^{15} O^{65}$

Quadratique :

$b : h : 1000 : 379{,}849.\ D = 707{,}107$

$[a : c = 1 : 0{,}53719]$

Formes observées. m (110), h^1 (100), h^3 (210), p (001), a^1 (101), $b^{1/2}$ (111), $b^{1/6}$ (331).

Je n'ai eu l'occasion de mesurer que deux cristaux d'idocrase de

1. Voir *Supplément*, t. IV, 711.

gisements de notre région provenant l'un de Péguères (*), l'autre du col de Boups (**).

	Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.
mm	90°		pa^1	151°45′	151°42 (**)	$b^{1/2}b^{1/2}$s.p	105°33′	105°37′ (*)
mh^1	135°		a^1h^1	110°15′		$pb^{1/6}$	112°41′	
mh^3	161°34′		$pb^{1/2}$	142°47′	142°47′ (**)	$b^{1/2}b^{1/6}$	147°54′	
h^3h^1	153°26′	153°20′ (**)	$b^{1/2}m$	127°13′	127°20′ (**)	$b^{1/6}m$	156°19′	

Faciès des cristaux. Les cristaux nets sont généralement courts et peu allongés suivant l'axe vertical. J'ai eu l'occasion d'étudier un cristal allongé suivant une arête pm (001) (110). Nos cristaux provenant presque tous de calcaires ont leurs faces généralement corrodées ou arrondies. Ils se rapportent à deux types suivant que la base (fig. 3, 4) ou que l'octaèdre $b^{1/2}$ (111) existent au sommet seuls ou associés (fig. 2).

Souvent l'idocrase s'allonge beaucoup suivant l'axe vertical ; les baguettes ainsi formées s'associent en grand nombre à axes plus ou moins parallèles pour constituer des masses bacillaires. Très rarement, le diamètre de ces baguettes devient assez petit pour que le minéral constituant de véritables fibres se groupe sous forme de longs sphérolites aplatis (Arbizon).

Clivages. Clivages très difficiles suivant m (110), h^1 (100) et p (001). Cassure inégale.

Dureté. 6,5.

Densité. 3,35 à 3,45. 3.336 (Mail Plané). La densité s'abaisse à 2,95 après fusion.

Coloration. Vert de diverses nuances (vert pistache, vert jaune), brun rougeâtre, jaune de diverses nuances, rarement bleu ou rose. L'examen en lames minces montre que l'idocrase présente très fréquemment des zones de coloration différente.

Éclat vitreux, un peu résineux. Poussière blanche. Le minéral est transparent ou translucide. Les échantillons de nos gisements ne sont transparents qu'en lames minces.

Propriétés optiques. Uniaxe et *négatif*. En lumière convergente, la croix noire se disloque souvent. M. Mallard a observé des anomalies optiques qui lui font considérer le réseau de l'idocrase comme monoclinique. Des anomalies fort intéressantes ont été décrites récemment

par M. Prendel (*Z. K.* XVII. 95) dans l'idocrase de Wilui qui est optiquement *positive*.

M. des Cloizeaux a donné les nombres suivants pour les indices de l'idocrase de la Somma (jaune) :

$$n_g = 1,719 \text{ à } 1,722.$$
$$n_p = 1,718 \text{ à } 1,720.$$

On en déduit pour la biréfringence maximum :

$$n_g - n_p = 0,001 \text{ à } 0,002$$

Ces derniers nombres sont des minima et des mesures directes font voir que la biréfringence maximum s'élève jusqu'à 0,005 ou 0,006.

Pléochroïsme. L'idocrase de divers gisements est pléochroïque avec maximum d'absorption suivant n_p. Les cristaux que nous étudions ici sont trop peu transparents pour qu'on puisse les étudier à ce point de vue sous une épaisseur suffisante.

Composition chimique. L'analyse suivante a été faite sur l'idocrase du Mail Plané décrite plus loin :

SiO^2	37,23
Al^2O^3	18,32
Fe^2O^3	9,55
CaO	32,46
H^2O	2,45
	100,01

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fond facilement avec bouillonnement en un verre jaune, brun ou verdâtre. Très difficilement attaquable par les acides, mais fait gelée avec l'acide chlorhydrique après calcination ou même après fusion.

Diagnostic. La forme des cristaux d'idocrase est caractéristique. Les masses bacillaires peuvent être confondues avec quelques variétés d'épidote auxquelles elles sont souvent associées. Les caractères au chalumeau et surtout l'examen au microscope rendent le diagnostic facile.

En lames minces, les caractères distinctifs de l'idocrase consistent dans sa haute réfringence, sa très faible biréfringence, le signe négatif de son allongement et la forme souvent trapue de ses sections de la zone verticale, enfin dans ses zones de diverses nuances qui s'observent presque toujours.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'idocrase se trouve en France dans trois genres de gisements différents :

1° Dans les calcaires précambriens ou paléozoïques au contact du granite ;

2° Dans des filons de quartz, de granulite, traversant les micaschistes, les schistes micacés ou les calcaires (précambriens) et dans ces derniers calcaires métamorphisés par la granulite ;

3° Dans les gneiss à pyroxène.

Dans aucun de ces gisements, l'idocrase n'est drusique ; aussi les cristaux distincts sont-ils rares ; ce minéral est le plus souvent accompagné de grenat grossulaire.

1° *Dans les calcaires modifiés par le granite.*

Pyrénées. — Un des traits saillants de la géologie des Pyrénées consiste dans l'existence de niveaux calcaires dans toutes les formations géologiques, y compris les gneiss.

Le granite se trouve en contact avec des calcaires précambriens, siluriens, dévoniens dans un très grand nombre de points et y développe généralement de l'idocrase, du grenat et plus rarement de la wollastonite. Il suffit donc de jeter les yeux sur une carte géologique des Pyrénées pour voir les localités nombreuses où l'on peut rencontrer ces minéraux. Je me contenterai de citer les plus typiques.

Basses-Pyrénées. Au-dessus des Eaux-Bonnes, les calcaires dévoniens des alentours des mines d'Anglas et d'Ar renferment en assez grande abondance du grenat et de l'idocrase. La roche a été soumise à des actions mécaniques puissantes qui ont écrasé les minéraux que l'on rencontre sous forme de petits rognons jaunes ou brunâtres atteignant quelques centimètres ; ils sont déchiquetés sur les surfaces attaquées par les agents atmosphériques. Aussi n'est-il guère possible d'isoler des cristaux ayant des formes nettes. L'examen microscopique fait voir qu'ils sont toujours brisés et imprégnés de calcite.

Je n'ai pas exploré beaucoup cette région, mais il me semble probable que ces minéraux se rencontrent dans d'autres points entre le gisement d'Ar et celui de Cauterets.

Hautes-Pyrénées. Picot de Lapeyrouse a signalé le premier l'idocrase

à la Peyrère de Cauterets, montagne désignée généralement aujourd'hui sous le nom de Pic de Péguères. Dans ce gisement, au contact du granite (route de la Raillère), on observe des schistes pétrosiliceux très durs : les calcaires y forment de petits lits dans lesquels ont été développés le grenat et l'idocrase. Ces calcaires métamorphisés ne se voient que difficilement en place, mais ils peuvent être recueillis dans les éboulis qui surmontent le petit chemin conduisant de la route de la Raillère au bois de Péguères. Par suite de l'action des eaux pluviales, ces blocs calcaires sont corrodés superficiellement et laissent en relief leurs minéraux silicatés.

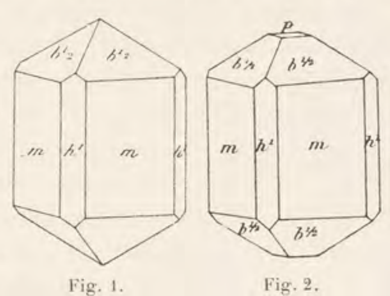


Fig. 1. Fig. 2.
Idocrase de Péguères.

Les minéraux de ce gisement sont fort beaux mais en réalité peu abondants.

L'idocrase est brun verdâtre ou vert pistache. En traitant le calcaire par un acide, il est facile de dégager ce minéral. Je dois à l'obligeance de M. Frossard la communication d'un petit cristal vert représenté par la fig. 1 et montrant la combinaison m (110), h^1 (100), $b^{1/2}$ (111) ; quelques cristaux présentent en outre la face p (001) (fig. 2).

Cette forme est celle que possèdent les cristaux bien connus de Wilui, mais elle est rare à Péguères et les cristaux les plus fréquents, de couleur jaune brunâtre ou verdâtre, présentent les formes m (110), h^1 (100), p (001) (fig. 4). Il n'est pas rare de les voir intimement associés aux grenats ; ils sont soit enveloppés par ces derniers, soit implantés sur eux (fig. 3).

Fig. 3.
Cristaux d'idocrase (i) implantés sur des rhombododécaèdres de grenat (g) dans le calcaire de Péguères.

Quand on les a dégagés par les acides, on constate que leurs faces sont souvent creusées de nombreuses cavités. Les cristaux se sont formés dans le calcaire et ont englobé les cristaux de calcite de celui-ci, comme la staurotide de Bretagne l'a fait pour les grains de quartz (p. 10, fig. 8). M. Frossard a trouvé dans

ce gisement des agrégats bacillaires d'idocrase gris brunâtre, analogues à ceux de l'Arbizon qui vont être décrits.

L'idocrase se rencontre en abondance beaucoup plus grande et dans les mêmes conditions au contact du granite du massif de Néouvielle avec les calcaires paléozoïques (dévoniens ?). Les gisements les plus importants à signaler sont les pics du Bassia, d'Arbizon, de Montfaucon. L'idocrase y est associée au grenat comme au pic de Péguères. Nous verrons plus loin que l'axinite a souvent été en outre produite, mais toujours postérieurement à ces deux derniers minéraux.

Au cirque d'Arec formé par les pics de Bassia, d'Arbizon et de Montfaucon, j'ai observé le contact immédiat du granite et des calcaires paléozoïques. On y voit ces derniers transformés en grenat massif, accompagné d'idocrase brune en cristaux peu allongés (ph^1 m) (fig. 4).

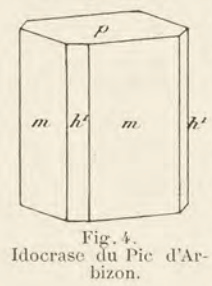


Fig. 4.
Idocrase du Pic d'Arbizon.

Par places, ces minéraux sont disséminés en bons cristaux au milieu du calcaire. Plus loin, les calcaires moins modifiés alternent avec des bancs silicatés ; le contact de ces deux roches est souvent constitué par de l'idocrase se présentant sous une forme particulière. C'est celle qui a été trouvée autrefois par Picot de Lapeyrouse (Charpentier, *op. cit.*, 277).

Le minéral forme alors des rosettes constituées par un très grand nombre de longues aiguilles de 1^{cm} à 5^{cm} disposées autour d'un centre. Elles ressemblent à la coupe diamétrale d'un énorme sphérolite. Cette idocrase est verte ou brune dans les surfaces exposées à l'air ; dans les cassures fraîches, elle est souvent blanc grisâtre. Quelques échantillons plus finement fibreux et verts ressemblent à de l'actinote ou à de l'épidote.

La formation de cette idocrase est postérieure à celle du grenat, car on voit souvent ces rosettes interrompues par un cristal de ce dernier minéral.

Cette variété d'idocrase s'observe surtout au pied des derniers escarpements du pic de Bassia et de celui de l'Arbizon ; elle s'y rencontre en abondance extraordinaire.

M. Gourdon m'a communiqué de superbes cristaux d'idocrase brun jaune ou brun verdâtre qu'il a recueillis sur le versant espagnol des Pyrénées dans le massif des Posets.

Le gisement se trouve au col qui sépare le pic de Boups (pic de Box) et le pic de la Habana (pic de Comajuana de la carte de M. Schra-

der). L'idocrase est accompagnée de grenat grossulaire rose chair dans un calcaire voisin du granite.

Ces cristaux présentent les faces p (001) m (110) h^1 (100); souvent à peu près également développées, avec $b^{1/2}$ (111) (fig. 5) et parfois des traces de h^3 (210).

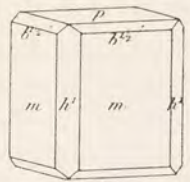


Fig. 5. Idocrase du col de Boups.

La figure 6 représente un cristal de la collection de M. Gourdon présentant un curieux allongement suivant une arête ph^1 (001) (100). Le cristal montre les faces h^1 (100) et p (001) dominantes avec m (110), h^3 (210), $b^{1/2}$ (111) et a^1 (101). Il mesure 7cm de plus grande dimension et a environ 3cm5 de hauteur et de largeur.

Ce gisement mérite une mention toute spéciale et son exploration approfondie permettrait d'y recueillir de beaux échantillons de collection.

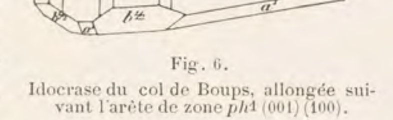


Fig. 6.
Idocrase du col de Boups, allongée suivant l'arête de zone ph^1 (001) (100).

Le grenat jaune de la montagne de Senet [Catalogne] est accompagné d'idocrase jaune verdâtre, d'épidote, etc. A la pique Fourcanade [Aragon], M. Gourdon a aussi trouvé de l'idocrase et du grenat semblables à ceux de l'Arbizon.

Ariège. M. Caralp m'a indiqué l'existence de l'idocrase et du grenat dans les calcaires paléozoïques au contact du granite du lac de Bethmale (massif du Mont-Vallier). Ces cristaux sont du même type que ceux de l'Arbizon.

Dans la vallée d'Aulus, j'ai observé également ces deux minéraux à la mine des Argentières. L'idocrase se présente en cristaux brunâtres m (110), h^1 (100), p (001) très cannelés et difficiles à isoler de leur gangue. Ils sont accompagnés de wollastonite.

Un peu plus à l'est, les mêmes minéraux se rencontrent au port de Saleix et notamment sur son flanc S. E. (vallée de Saleix).

Dans les contacts du granite et des calcaires anciens des environs de Quérigut, qui seront décrits plus loin à l'occasion du grenat grossulaire, l'idocrase se rencontre en petite quantité. On peut citer notamment le roc de l'Encledous, au-dessous du col de Paillières près Mijanès, ainsi que le pic de Ginevra. Dans ce dernier gisement, l'idocrase brun rouge foncé se présente soit en cristaux à formes nettes, soit en cristaux bacillaires, rappelant l'égérane de Bohême.

Pyrénées-Orientales. — L'idocrase se trouve dans les mêmes conditions sur la rive gauche de l'Aude, près de la forge de Puyvalador, ainsi qu'au pic de Madres : les cristaux de ce dernier gisement m'ont été donnés par M. Roussel.

Plateau Central. — *Rhône.* Fournet (in Drian, *op. cit.*, 230) a trouvé l'idocrase dans les cornes vertes de Chessy. Ces roches constituées en grande partie par du pyroxène, du grenat, etc., seront étudiées plus loin en détail.

Vosges. — Je dois à l'obligeance de M. Vélain un bloc constitué en grande partie par de l'idocrase accompagnée d'un peu de grenat. Il a été recueilli au contact d'une porphyrite amphibolique et d'un calcaire paléozoïque à Raon-l'Étape. Les cristaux d'idocrase atteignent 5^{cm} de plus grande dimension sur $1^{cm}3$ de diamètre environ. Ils sont enchevêtrés les uns dans les autres et cimentés par un peu de calcite et de quartz. Ce n'est qu'à grand'peine que j'ai pu isoler en partie un cristal présentant les faces m (110), h^1 (100), p (001), $b^{1/2}$ (111), $b^{1/6}$ (331). Ils sont d'un vert jaunâtre foncé à la périphérie et jaune vert à l'intérieur. La partie centrale des cristaux est translucide alors que leur surface est opaque. Il serait sans doute possible de trouver de très beaux cristaux dans ce gisement.

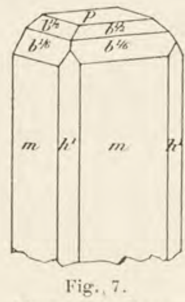


Fig. 7.
Idocrase de Raon-l'Étape.

2° *Dans les filons ou amandes de quartz de pegmatites et dans les calcaires modifiés par la granulite.*

L'idocrase de ce genre de gisement est toujours accompagnée de grenat grossulaire, quelquefois d'épidote. Elle se présente d'ordinaire en masses bacillaires.

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* Dans les carrières du Pont-du-Cens, de la Trémissinière et de Barbin, à Nantes, M. Baret a trouvé de l'idocrase en masses bacillaires blanches, jaunes ou un peu verdâtres. Ce minéral est associé au grenat et à l'épidote. Généralement, quand l'idocrase est blanche, les grenats qui l'accompagnent sont incolores ou blancs.

Ces minéraux forment avec du quartz au milieu de micaschistes granulitisés de petits lits qui ont été primitivement riches en calcite,

dissoute plus tard par les actions atmosphériques. Les minéraux que nous étudions ont été ainsi mis à découvert ; ils présentent les caractères des minéraux dégagés d'un calcaire ; les cristaux de grenat sont souvent incomplets, criblés de cavités, friables, etc.

M. Baret m'a indiqué le même minéral dans les gneiss pyroxéniques à wernérite de la carrière de l'Étang, près Saint-Nazaire.

Pyrénées. — Dans les Pyrénées, l'idocrase de cette catégorie de gisement a un cachet particulier ; elle est généralement associée à un grenat grossulaire jaune rougeâtre.

Hautes-Pyrénées. J'ai trouvé de l'idocrase en petits cristaux bruns dans les veines quartzeuses associées aux cipolins des gneiss granulitiques de la montée du Lac-Bleu par Chiroulet (vallée de Lesponne).

Les calcaires précambriens ou paléozoïques intercalés dans les schistes micacés à andalousite du massif du pic du Midi sont extrêmement riches en idocrase. A une centaine de mètres de l'observatoire du pic, j'ai recueilli au milieu de ces calcaires de l'idocrase jaune verdâtre, transparente, en prismes bacillaires associés à de gros grenats grossulaires jaune rougeâtre. Ces minéraux se trouvent implantés sur le quartz au contact du calcaire.

Au-dessus du lac d'Oncet, entre l'hôtellerie du pic du Midi et le col d'Ouest, j'ai trouvé l'idocrase en grands cristaux brun rouge foncé, présentant des formes nettes p (001), m (110), avec quelquefois h^1 (100) engagés dans le calcaire. Après avoir franchi le col d'Oncet dans les éboulis qui conduisent au col d'Aube, on trouve en abondance le même minéral ; mais c'est surtout dans les roches calcaires de la Som de Pène-Blanque que longe le sentier conduisant du col d'Aube au Lac Bleu que l'idocrase est extraordinairement abondante en prismes bacillaires bruns ou rougeâtres plus ou moins foncés, associés au grenat grossulaire. Ces deux minéraux forment souvent de véritables roches, rappelant celles que l'on observe au contact du granite et des calcaires paléozoïques du pic d'Arbizon. Cependant, dans ce gisement, ces minéraux sont dus très nettement à l'action de la granulite.

Le massif du pic du Midi, compris entre la vallée de Lesponne au nord et la vallée du Bastan au sud, est extrêmement intéressant au point de vue des minéraux d'origine métamorphique qu'il renferme. L'éloignement de lieux habités en rend malheureusement assez difficile l'étude approfondie.

Haute-Garonne. M. Gourdon m'a communiqué des masses bacillaires d'idocrase brunâtre constitués par des cristaux très cannelés ayant 2cm5 de longueur environ et englobés par du quartz avec quelques cristaux b^1 (110) de grenat. Le quartz forme ces veinules dans le calcaire de Port-Vieux (haute région orientale de la vallée du Lys, près Luchon).

Au Mail Plané près Luchon, l'idocrase se présente sous la même forme, sa couleur est le jaune brunâtre clair ; sa composition chimique a été donnée plus haut.

Ariège. Les schistes micacés des environs d'Ax renferment de petits bancs calcaires presque entièrement modifiés et transformés en une roche composée de pyroxène et localement d'idocrase et de grenat.

A la montée de la route de Prades, au-dessus du Couloubret à Ax, on voit sur le bord de la route des filonnets de quartz qui sont riches en petits cristaux : m (110), h^1 (100), p (001) et plus rarement a^1 (101), d'idocrase brun clair. Ils sont généralement opaques, très cannelés ; accidentellement on trouve de très petits cristaux qui sont translucides. Ce minéral a été signalé pour la première fois par M. Caralp. (*Thèse*. Toulouse, 1888.)

J'ai retrouvé ce minéral dans les mêmes conditions le long d'un petit sentier qui descend du village d'Ascou vers un moulin situé dans le ravin. L'idocrase forme parfois des bancs atteignant plusieurs centimètres d'épaisseur ; elle est brun foncé, mais ne se présente pas en cristaux déterminables.

3° *Dans les gneiss à pyroxène.*

Bretagne. — *Morbihan*. Le gneiss à pyroxène de Roguédas contient des masses bacillaires brun cannelle d'idocrase (type égérane) associés à la wollastonite, etc., qui ont été indiquées pour la première fois par M. de Limur (*op. cit.*, 78). Elles atteignent parfois plusieurs centimètres de longueur.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme*. Le gneiss à pyroxène de Saint-Clément identique à celui de Roguédas (voir *B. S. M.* XII. 146. 1889) renferme également de l'idocrase

---

ORTHOSILICATES

GROUPE DES PÉRIDOTS

Ce groupe de minéraux est constitué par plusieurs types qui tous sont orthorhombiques (sauf peut-être le titanolivine) et dont la composition chimique est représentée par la formule générale :

$$R^2SiO^4$$

dans laquelle

$$R = (Mg, Ca, Fe, Mn \text{ ou } Zn)$$

Dans le titanolivine, une partie de *Si* est remplacée par *Ti*.

On distingue dans ce groupe les types suivants :

Forstérite......	$Mg^2 Si O^4$
Monticellite....	$Mg Ca Si O^4$
Olivine...... *Hyalosidérite*.	$(Mg, Fe)^2 Si O^4$
Titanolivine....	$(Mg,Fe)^2(Si, Ti) O^4$
Hortonolite....	$(Fe, Mg)^2 Si O^4$
Fayalite.......	$Fe^2 Si O^4$
Knebélite......	$(Fe, Mn)^2Si O^4$
Téphroïte.....	$Mn^2 Si O^4$
Roeppérite.....	$(Fe, Mn, Zn)^2Si O^4$

Deux seulement de ces minéraux se trouvent en France : l'*olivine* et la *fayalite* [1]. J'ai cependant étudié en outre le *titanolivine* qui provient de Zermatt [Valais] et qui est intéressant à cause de son analogie de caractères extérieurs avec la humite d'un gisement pyrénéen.

1. Voir *Supplément*, t. IV, pour *Forstérite* et *Téphroïte*.

OLIVINE

$(Mg\,Fe)^2\,Si\,O^4$ (1)

Orthorhombique : $mm = 119^\circ 13'$ (Dx.).

$b : h = 1000 : 401{,}725$. $D = 862{,}602$. $d = 505{,}883$.

$[a : b : c = 0{,}58646 : 1 : 0{,}46573]$

Formes observées. h^1(100), g^1(010), g^3(120), p(001), a^1(101), e^1(011), $e^{1/2}$(021).

Macles. Macles suivant m (110) qui ne se présentent que rarement dans les cristaux des roches parmi les gisements que nous étudions ici.

La plupart des auteurs étrangers adoptent une autre forme primitive. Voici la concordance avec la position adoptée ici et qui est celle de M. des Cloizeaux. Il me semble préférable de la conserver, car elle met en évidence la forme limite du péridot :

Notre h^1 (100)	devient p (001)	Notre a^1 (101)	devient a^1 (101)
g^1 (010)	g^1 (010)	e^1 (011)	m (110)
g^3 (120)	$e^{1/2}$(021)	$e^{1/2}$(021)	g^3 (120)
p (001)	h^1 (100)		

Les cristaux d'olivine des gisements français proviennent tous de tufs ou de scories basaltiques et sont généralement recueillis dans les sables. Il en résulte qu'ils sont presque toujours roulés ou qu'ils sont enduits de matière vitreuse, ce qui rend les mesures précises impossibles.

1. L'olivine peut être considérée comme constituée par un mélange isomorphe de forstérite (Mg^2SiO^4) et de fayalite (Fe^2SiO^4). Je n'ai pas séparé l'olivine renfermant de 5 à 25 °/₀ de FeO de la hyalosidérite en renfermant de 25 à 30 °/₀. D'après M. Max Bauer, les paramètres de la hyalosidérite du Kaiserstuhl sont les suivants :

$b : h = 1000 : 403{,}192$. $D = 861{,}236$. $d = 508{,}095$.

$[a : b : c = 0{,}58996 : 1 : 0{,}46815.]$

Voir *Supplément*, t. IV, 717.

Les angles que je donne ici ont été mesurés sur des cristaux provenant des tufs basaltiques de Bessac en Saint-Jean-de-Nay et des sables d'Espaly (Haute-Loire).

	Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.
mm	119°13′		a^1a^1 sur h^1	76°54′	76°43′	$pe^{1/2}$	137° 2′	
$g_{\frac{3}{10}}\ h$	130°27′		ph^1	90°		$e^1e^{1/2}$	162° 1′	126° 5′
g^3g^3 sur h^1	80°54′	81°10	pe^1	155° 2′		$e^{1/2}g^1$	132°58′	133° 5′
g^3g^1	139°33′	104°1′	e^1g^1	114°58′	115°15′	pg^1	90°	90°
a^1h^1	128°27′		e^1e^1 sur p	130° 3′	129°51′			

Faciès des cristaux. Les cristaux des gisements étudiés ici sont généralement un peu allongés suivant l'arête $p\ g^1$ (001) (010). Quand la face g^1 (010) est très développée, ils ont la forme de petites tables très caractéristiques. Ce développement est celui qu'on observe généralement dans le péridot microscopique des roches volcaniques basiques. Dans quelques cristaux de la Réunion, j'ai observé un allongement curieux suivant l'axe vertical (fig. 11).

Clivages. Clivages, assez facile suivant g^1 (010), difficile suivant p (001). En lames minces, ces clivages ne se voient pas toujours ; ils apparaissent dans l'olivine en voie d'altération.

Cassure conchoïdale.

Dureté. 6.2 à 7.

Densité. 3.2 à 3.34 ; 3.38 (Lherz, *Damour*) ; 3.204 (Arignac).

Coloration. Jaune plus ou moins verdâtre. Par altération, le minéral devient jaune ou rougeâtre ; l'examen microscopique fait voir que ce changement de couleur est dû à des produits de décomposition.

Éclat vitreux, transparent ou translucide.

Inclusions. L'olivine renferme souvent des inclusions d'hématite qui seront décrites aux altérations. Dans les roches basiques, elle contient des inclusions vitreuses avec ou sans bulle, des cristaux arrondis de magnétite et de pléonaste ; dans les lherzolites et les nodules à olivine des basaltes, elle renferme des inclusions gazeuses et liquides avec ou sans bulles mobiles (acide carbonique liquide ou peut-être carbure d'hydrogène très volatil).

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100. Bissectrice aiguë *positive*, perpendiculaire à p (001).

M. des Cloizeaux a mesuré les indices suivants sur l'olivine de Torre del Greco (Na) :

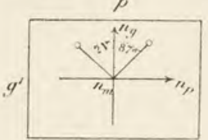


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100).

$$n_g = 1.697$$
$$n_m = 1.678$$
$$n_p = 1.661$$

La biréfringence maximum est :

$$n_g - n_p = 0,036$$

L'écartement des axes est toujours très grand. J'ai déduit la valeur suivante de la mesure de 2 *d* (Na) :

2 **V** = 88° Saint-Jean-de-Nay.

La dispersion est faible avec $\rho < v$.

Le péridot des nodules à olivine et des péridotites présente souvent en lames minces des extinctions roulantes dues à ce que les sections considérées sont constituées par des plages, séparées par des lignes droites et s'éteignant à partir d'elles sous des angles ne dépassant pas 3°. M. Michel Lévy considère ces apparences comme dues à des groupements suivant *p* (001) de l'ordre de ceux qui s'observent dans un grand nombre de minéraux pseudosymétriques ; peut-être pourrait-on voir là des macles secondaires.

Composition chimique. Analyses : *a*) de l'olivine des nodules péridotiques de Langeac, par Berthier (*A. M.* X. 369. 1825).

b) de l'olivine de Bessac en Saint-Jean-de-Nay (*Haute-Loire*) (Lx.).

c) du Vivarais, sans indication plus précise, par Walmstedt (*Stockholm, Acad. Handl.* II. 359. 1824).

d) de l'olivine de la lherzolite de l'étang de Lherz, par M. Damour (*B. S. G.* XXIX. 413. 1862).

e) de l'olivine des cipolins d'Arignac (Lx.).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)
SiO^2...	40,8	40,09	41,44	40,59	39,12
MgO...	41,6	43,96	49.19	43,13	47,23
FeO...	16,4	15,85	9,72	13,73	13,13
MnO ..	»	»	0,13	1,60 perte	0,64
CaO...	»	»	0,21	»	»
Al^2O^3..	»	»	0,16	»	»
	98,8	99,90	100,85	99,05	100,12

Beaucoup de péridots sont nickélifères. Je n'ai pas eu l'occasion de le constater directement pour ceux des gisements français. Cependant la lherzolite de Moncaup (Haute-Garonne) très serpentinisée renferme souvent de petites veines de *garniérite* qui s'est formée aux dépens du péridot de la roche ; celui-ci n'étant pas intact, aucun essai n'est possible à cet égard. Les célèbres gisements de nickel de la Nouvelle-Calédonie ne semblent pas avoir une autre origine.

Berzélius a signalé des traces de cuivre dans l'olivine d'Auvergne (in Rammelsberd *Handl. d. Miner. Chem.* 429).

Essais pyrognostiques. L'olivine est infusible au chalumeau ; les variétés très ferrifères (*hyalosidérite*) fondent difficilement en un globule noir magnétique. Très facilement attaquable par les acides (même par l'acide acétique) en faisant gelée.

Altérations. L'olivine est un des silicates s'altérant avec le plus de facilité et donnant ainsi naissance au plus grand nombre de substances différentes.

Ces transformations peuvent être ramenées à quatre types :

1° *Transformation en carbonates.* Certaines péridotites présentent ce mode de décomposition d'une façon très nette ; il en résulte la formation d'un carbonate de magnésie ; la silice se dépose sous forme d'opale ; il se forme aussi des produits ferrugineux. A Moncaup (Haute-Garonne), les carbonates ont été en partie enlevés par lévigation et l'opale subsiste à peu près seule.

Dans un grand nombre de basaltes d'Auvergne, l'olivine est transformée en carbonates rhomboédriques. Ce mode d'altération est très fréquent dans les pépérites de la Limagne dont j'ai observé un grand nombre de préparations grâce à l'obligeance de M. Gautier.

Le basalte de Montaudou près Royat et les nodules à olivine qu'il renferme sont aussi remarquables à ce point de vue. Dans ces derniers, la transformation se propage le long des clivages du péridot. Les pseudomorphoses présentent souvent alors en lames minces une apparence fibreuse.

2° *Rubéfaction sans hydratation.* Ce mode d'altération s'observe surtout dans les nodules à olivine. Dans certains gisements, on les voit devenir rouge foncé. L'examen d'une lame mince fait voir que l'olivine seule est altérée ; dans tous ses clivages, dans toutes ses cassures se

développent de très fines lamelles d'hématite y dessinant de délicates arborisations ou des arabesques parfois très élégantes (fig. 2) qui se détachent en rouge vif sur le fond incolore de l'olivine. Les lamelles sont polychroïques ; le péridot intact gêne pour l'étude de leurs propriétés optiques ; il n'est cependant pas douteux qu'elles soient constituées par de l'hématite.



Fig. 2.
Lame mince taillée dans un nodule à olivine rubéfiée constitué par de l'olivine criblée d'inclusions d'hématite et par un peu d'enstatite (E). Ardes (Puy-de-Dôme).

En chauffant au rouge vif pendant quelque temps, dans un creuset de platine, des fragments de lherzolite, des nodules à olivine et des cristaux d'olivine, j'ai reproduit très facilement tous les stades de cette transformation.

3° *Rubéfaction avec hydratation*. L'olivine de très nombreuses roches basiques présente un autre mode d'altération. Le minéral se transforme soit par la périphérie, soit par le centre (fig. 3) en un produit biréfringent brun rouge qui l'épigénise parfois complètement. Dans certains cas, il semble que cette substance soit de la göthite ; dans d'autres, au contraire, elle est constituée par un silicate ferrugineux hydraté de composition du reste encore indéterminée. C'est particulièrement le cas qui se présente dans les basaltes du Mont-Dore récemment décrits par M. Michel Lévy (*B. S. G. Réunion extraordinaire à Clermont-Ferrand*, 1890). Les propriétés optiques de ce minéral seront étudiées à la suite du groupe du chrysotile.



Fig. 3.
Sections microscopiques d'olivine se transformant en produits ferrugineux rouges biréfringents (Mont Dore).

Ce mode de rubéfaction est extrêmement fréquent dans toutes les roches volcaniques à olivine française, dans celles de la Réunion, etc.

Les péridots rubéfiés ont été considérés autrefois comme des substances spéciales et désignés sous le nom de *chusite*, *limbilite*, etc.

3° *Serpentinisation*. Ce mode d'altération est le plus fréquent et celui

que l'on observe particulièrement d'une façon constante dans les péridotites. La serpentinisation consiste dans une hydratation plus ou moins complète de l'olivine conduisant à la formation de minéraux du groupe du chrysotile avec ou sans résidu de produits amorphes, ferrugineux ou magnésiens. Les minéraux cristallins qui prennent ainsi naissance seront étudiés en détail à l'article *chrysotile*. Je me contenterai de rappeler que lorsque l'olivine se serpentinise, elle se fendille ; dans ses fissures, dans ses clivages se développent des fibres ou des rubans de chrysotile qui peu à peu finissent par remplacer complètement le minéral primordial (fig. 4).

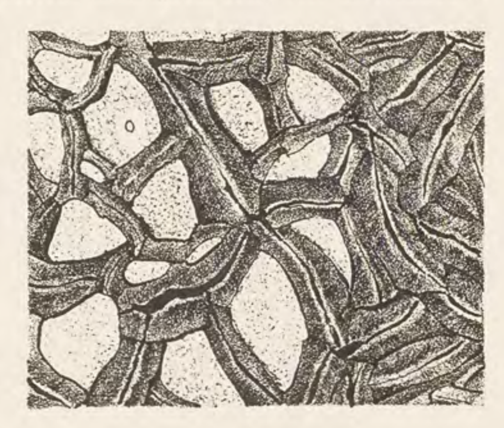


Fig. 4.
Lame mince d'une péridotite montrant la transformation de l'olivine en chrysotile (serpentinisation) (Étang de Lherz).

Le chrysotile est incolore en lames minces ou légèrement verdâtre. La bissectrice positive est parallèle à l'allongement des fibres et sa biréfringence maximum d'environ 0.01.

Le péridot de quelques roches volcaniques se transforme en un produit plus ferrugineux vert ou jaune de diverses nuances, polychroïque, dont la biréfringence maximum peut dépasser 0.025. Tantôt cette substance est fibreuse ou se présente en sphérolites, rappelant certaines chlorites (*delessite*), tantôt, au contraire, elle constitue des plages homogènes ayant la forme du péridot épigénisé. Elle se rencontre surtout dans les basaltes anciens (*mélaphyres*). La bissectrice est négative et l'écartement des axes souvent faible. Je les considère comme des silicates de magnésie et de fer hydratés dont j'essaierai d'établir les relations mutuelles à la suite de l'article chrysotile. Il est possible que le minéral du Mont-Dore étudié par M. Michel Lévy et signalé plus haut appartienne à cette série et en soit un terme très ferrugineux.

C'est au même groupe de produits qu'il y a lieu de rattacher la *garniérite* d'un beau vert qui se trouve dans les péridotites serpentinisées de la Nouvelle-Calédonie et dans celles de Moncaup (Haute-Garonne).

On sait que la *villarsite* est un péridot transformé en chrysotile. On

verra plus loin que c'est par erreur que cette substance a été signalée dans les granites du Forez et du Morvan.

4° *Transformation en amphibole*. Enfin l'olivine de nombreux gisements présente une transformation périphérique curieuse que j'ai observée et décrite dans les gabbros à olivine du Pallet (Loire-Inférieure). Les grains d'olivine qui sont englobés par le feldspath s'entourent d'une double couronne périphérique incolore dans la zone intérieure, verte dans la zone en contact avec le feldspath. Au Pallet, la première semble être constituée par de la trémolite (?) en baguettes accolées, la seconde est formée par de l'actinote. Elle est généralement



Fig. 5.
Lame mince du gabbro à olivine du Pallet (Loire-Inférieure) montrant l'olivine (23) entourée d'une double zone périphérique (20) d'actinote et de trémolite. La roche renferme en outre du diallage (20') de la hornblende (21), de la biotite (19) et du labrador (6) (*Lumière naturelle*).

fibreuse et son extrémité plongeant dans le feldspath est souvent vermiculée et dentelliforme ; les couronnes rappellent la kelyphite se développant autour du pyrope des péridotites ainsi que les produits de transformation du pyroxène des éclogites de la Loire-Inférieure. Assez rarement, l'olivine est entièrement transformée.

Il est probable que le feldspath fournit une partie des éléments des minéraux nouvellement formés puisque c'est à son contact seul que se produisent ces intéressants phénomènes qui ne s'observent plus quand l'olivine est englobée par le pyroxène.

Ce mode de transformation de l'olivine est fréquent dans les gabbros scandinaves où il a été étudié pour la première fois ; les pétrographes qui l'ont décrit le considèrent comme dû au dynamométamorphisme.



Fig. 6.
Lame mince de la roche représentée par la fig. 5 (lumière polarisée). L'olivine se trouve en plus grands cristaux. La double couronne périphérique (*k*) de l'olivine (*o*) est plus nette.

Dans les lherzolites des divers gisements de l'Ariège et particulièrement dans celle de Sem, j'ai observé des diaclases microscopiques dans lesquelles l'olivine, aussi bien que le pyroxène, est transformée en amphibole vert clair dentelliforme dans du feldspath triclinique ou quelquefois dans du dipyre.

Diagnostic. Les cristaux de péridot sont faciles à reconnaître ; la densité, la facile attaque par les acides sont des caractères très typiques de ce minéral. Dans les lames minces, les propriétés optiques ne sont pas moins caractéristiques. Quand le minéral présente des formes propres, on les reconnaît à leurs profils à pointements aigus (fig. 12) (distinction avec pyroxène), à leur réfringence élevée, accompagnée d'un aspect chagriné spécial aux minéraux durs, à leur absence de coloration.

En lumière polarisée parallèle, on constate une biréfringence élevée ($n_g - n_p = 0{,}036$), des extinctions parallèles aux côtés et aux traces des clivages quand il en existe. Dans la grande majorité des cas, les cristaux sont allongés suivant l'arête $p\ g^1$ (001) (010) et alors on peut constater que le plan des axes optiques est transversal à l'allongement et que ce dernier est tantôt positif [g^1 (010)], tantôt négatif [p (001)] (fig. 12). L'olivine est exceptionnellement allongée suivant l'axe vertical dans les microlites de quelques roches spéciales. Les faces g^3 (120) dominent dans la zone verticale ; les sections transversales p (001) présentent des pointements à 80° 54′ alors que les sections longitudinales à extinctions symétriques par rapport aux côtés ont la forme représentée par la fig. 13. L'allongement est toujours de signe positif.

Enfin les produits d'altération ferrugineux viennent compléter le diagnostic, car ils manquent aux minéraux (pyroxènes) avec lesquels on

pourrait confondre parfois l'olivine. Les produits magnésiens d'altération du pyroxène se distinguent bien de ceux du péridot.

On a vu plus haut (p. 122) que les propriétés optiques seules sont insuffisantes pour assurer le diagnostic différentiel de l'olivine et de la humite rhombique en l'absence des formes géométriques : l'analyse chimique seule peut trancher la question.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'olivine constitue un élément essentiel ou accessoire d'un grand nombre de roches, mais dans les gisements français elle ne se rencontre en cristaux macroscopiques que dans les produits de projection volcaniques. Ces cristaux sont soit isolés dans les tufs ou sables, soit adhérents à des laves scoriacées dont il est possible de les extraire. J'étudierai tout d'abord le petit nombre des gisements de ce genre pour m'occuper ensuite de l'olivine considérée comme élément de roches.

(*a*) Gisements des cristaux d'olivine.

Plateau central. — *Haute-Loire.* Les tufs et les cendres basaltiques de cette région renferment par place des cristaux d'olivine assez nets ; on les retrouve aussi dans les ruisseaux ayant lavé les formations précédentes. On peut citer comme gisement particulièrement intéressant à ce point de vue les tufs de Bessac en Saint-Jean-de-Nay et ceux

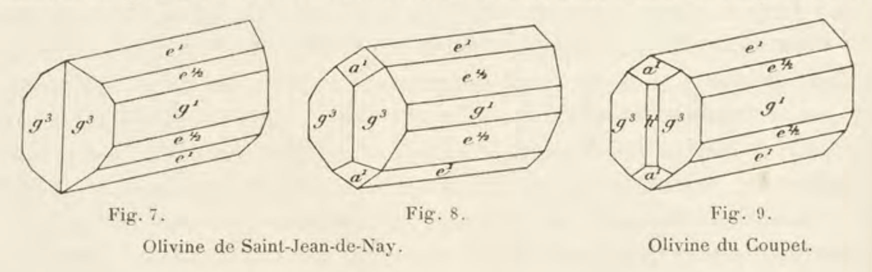


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.
Olivine de Saint-Jean-de-Nay. Olivine du Coupet.

du volcan du Coupet sur les communes de Mazeyrat et de Saint-Elbe. Dans ce dernier gisement, on trouve en même temps que le péridot, et beaucoup plus abondants que lui, des cristaux de corindon et de zircon

provenant de la démolition d'enclaves de roches anciennes (granulite et gneiss) arrachées aux profondeurs par des éruptions basaltiques.

De jolis cristaux se rencontrent aussi dans les sables du Riou-Pezzouliou à Espaly ; ils sont accompagnés des mêmes minéraux.

Les cristaux de tous ces gisements sont identiques ; ils varient de dimension depuis 2^{mm} jusqu'à 1^{cm} environ. Ils présentent ordinairement la combinaison g^1 (010), g^3 (120), e^1 (011), $e^{1/2}$ (021) (fig. 7) à laquelle s'ajoutent plus rarement a^1 (101) (fig. 8) et h^1 (100) (fig. 9).

Ils sont ou bien nettement allongés suivant p g^1 (001) (010) ou bien aplatis suivant g^1 (010) et alors grâce à un développement à peu près égal suivant les axes a et c, ils présentent la forme de petites tables rectangulaires (fig. 10). Le premier type est surtout abondant à Saint-Jean-de-Nay et au Coupet. Le second n'est pas rare à Espaly.

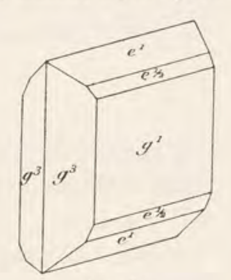


Fig. 10.
Olivine d'Espaly aplatie suivant $g1$ (010).

Pascal (*op. cit.* 396) signale en outre de petits cristaux d'olivine dans les scories basaltiques poreuses du Croustet, de Taulhac, de Mons, etc.

Puy-de-Dôme. Bouillet a signalé des cristaux de péridot dans le basalte de Cergovia, près du village de Merdogne. Cette observation n'a pas été confirmée.

La Réunion. — Les produits de projection basaltiques de la Réunion sont connus depuis longtemps pour leurs cristaux d'olivine déjà cités par Haüy (*op. cit.* 472) qui signale des cristaux de 4^{mm} dans la rivière Saint-Denis ; le cristal qu'il a représenté offre les formes h^1 (100), g^3 (120), g^1 (010), a^1 (101), e^1 (011), $e^{1/2}$ (021).

J'ai moi-même décrit (*B. S. M.* VII. 172. 1884) de très jolis cristaux de ce gisement qui m'ont été donnés par M. Ch. Velain. Ce savant les a recueillis à la plaine des Sables près du Volcan (*Descrip. géol. de la presqu'île d'Aden, de l'île de La Réunion*, etc. Paris, 77, 1878). Ils y forment avec des cristaux d'augite de véritables sables que l'on rencontre dans tous les ravins voisins.

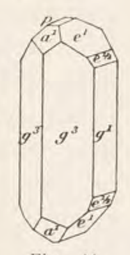


Fig. 11.
Olivine allongée suivant l'axe vertical.
(La Réunion.)

La forme du plus grand nombre d'entre eux est celle des cristaux les plus communs dans le Velay : g^1 (010), g^3 (120), e^1 (011), $e^{1/2}$ (021) accompagné parfois de a^1 (101) et de h^1 (100) ; cette dernière forme est assez rare et constituée toujours par de très petites facettes (fig. 7 à 9).

J'ai cru autrefois voir sur un petit cristal les faces m (110), mais

après nouvel examen, le cristal est tellement arrondi qu'elles me semblent douteuses.

Enfin j'ai observé deux très petits cristaux présentant un allongement anormal, suivant l'axe vertical. L'un d'eux porte une face *p* (001) arrondie (fig. 11).

b) **Olivine considérée comme élément constitutif des roches.**

Nous avons à considérer successivement le péridot comme élément : 1° des roches volcaniques, 2° des roches grenues (péridotites, gabbros, etc.), et 3° des calcaires cristallins.

1° *Dans les roches volcaniques.*

L'olivine se rencontre généralement dans les roches volcaniques à l'état d'élément ancien de première consolidation ; exceptionnellement, on l'y trouve à l'état microlitique de seconde consolidation.

Péridot de première consolidation. Le péridot de première consolidation est un des éléments essentiels, caractéristiques des basaltes [1] tertiaires ou antetertiaires (mélaphyres), des limburgites, des néphélinites basiques, etc. Il se rencontre en outre occasionnellement dans certaines labradorites et andésites basiques, enfin il existe comme élément essentiel de roches exceptionnelles communes au Mont-Dore (*Trachytes augitiques à olivine*).

Dans les basaltes, l'olivine est souvent macroscopique ; elle y est parfois extrêmement abondante, comme cela a lieu notamment dans la variété désignée en Auvergne sous le nom de basalte porphyroïde et dans quelques laves de l'île de la Réunion dans lesquelles l'olivine forme une partie notable de la roche. Dans les basaltes et néphélinites, l'olivine offre souvent des formes propres et, d'après les sections microscopiques, il est facile de voir que ses cristaux ont exactement la forme de ceux des tufs basaltiques que nous avons décrits plus haut. En général, ils sont d'autant plus nets que la roche qui les renferme est plus vitreuse.

Les cristaux offrent très souvent des formes cristallitiques montrant

1. J'emploie la nomenclature pétrographique de MM. Fouqué et Michel Lévy basée sur la composition minéralogique et la structure ; le lecteur la trouvera exposée à l'article « Feldspaths ».

que, comme dans les reproductions synthétiques de MM. Fouqué et Michel Lévy et dans les scories métallurgiques, le cristal a commencé par un squelette se remplissant du dehors au dedans. Les cristaux d'olivine sont fréquemment corrodés par le magna qui les englobe (fig. 12, *b*).

Les macles avec pénétration suivant *m* (110) sont rares dans les roches françaises.

L'olivine constitue un des minéraux les plus anciens des roches basaltiques et ne renferme guère à l'état d'inclusions que de la magnétite, de petits octaèdres a^1 de spinelle brun, de l'apatite ou du zircon, ainsi que des inclusions vitreuses.

Fig. 12.
Sections orientées d'olivine de première consolidation des roches basaltiques montrant leurs profils et leur orientation optique : *a*) section transversale *h*1 (100), *b*) section *p* (001), *c*) section *g*1 (010).

On observe tous les modes d'altération cités plus haut. Ils sont naturellement plus fréquents dans les basaltes anciens (mélaphyres) que dans ceux de la période tertiaire.

Dans les labradorites, les andésites et les trachytes augitiques à olivine, le péridot présente les mêmes propriétés que dans les basaltes ; les formes nettes y sont peut-être plus rares.

Péridot de seconde consolidation. Dans les roches françaises, le péridot de seconde consolidation est une exception. Il se rencontre exclusivement dans les andésites et labradorites augitiques de la chaîne des Puys où M. Michel Lévy l'a signalé le premier (*C. R.* 10 *nov.* 1890) et dans quelques-unes de celles du Velay étudiées par M. Boule (*B. C. G.* n° 28. III. 138. 1892). Il y forme de petits cristaux allongés suivant l'axe vertical (fig. 13) dont le centre est souvent occupé par la matière vitreuse (fig. 13, *b* et *c*).

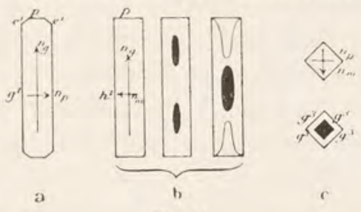


Fig. 13.
Sections orientées de microlites d'olivine allongés suivant l'axe vertical (chaîne des Puys). *a*) section *h*1 (100), *b*), section *g*1 (010), *c*) sections transversales *p* (001). (D'après M. Michel Lévy.)

2° *Dans les roches grenues.*

Dans cette catégorie de roches, l'olivine existe dans les gabbros

et les diabases et surtout dans les péridotites qui sont parfois presque entièrement formées par ce minéral. Aussi m'étendrai-je particulièrement sur cette dernière catégorie de roches. Enfin on le rencontre dans les météorites.

a) *Péridotites.*

L'olivine est l'élément unique ou essentiel des roches grenues qui constituent le groupe des péridotites. Des noms spéciaux ont été attribués par divers pétrographes aux diverses roches auxquelles donne naissance la combinaison de l'olivine avec l'enstatite, les pyroxènes monocliniques et la hornblende. Je rappellerai que ces types sont les suivants ;

Dunite............	olivine seule.
Harzburgite.......	olivine et enstatite.
Lherzolite.........	olivine, enstatite, diopside.
Wehrlite..........	olivine, diallage, hornblende
Picrite............	olivine, augite.
Picrite à hornblende.	olivine, hornblende.

Toutes ces roches renferment en outre du spinelle. Elles ont une grande tendance à se transformer en serpentine. Dans les gisements français, les types les plus fréquents sont la lherzolite et la picrite à hornblende, bien que les deux premiers soient assez abondamment répandus dans les Vosges, où ils sont presque toujours serpentinisés.

Dans toutes ces roches, l'olivine est grenue, sans forme géométrique. Les inclusions liquides à bulle y sont parfois abondantes. Le mode d'altération le plus habituel est la transformatiou en chrysotile. Je commencerai par la lherzolite qui est la plus abondante en France.

Péridotites à enstatite et diopside (lherzolite).

Pyrénées. — Cette roche a été découverte par Lelièvre qui la signala en 1787 dans le *Journal de physique* et la décrivit comme formant une variété de péridot. Picot de Lapeyrouse (*Fragments sur la minéralogique des Pyrénées*, p. 27) essaya de montrer qu'elle constituait une variété d'épidote. Le nom de lherzolite fut créé par de Lamétherie (*Théorie de la terre*, II, 281). Plus tard, Charpentier (*op. cit.*, 246)

consacra une longue description à cette roche et voulut en faire un pyroxène en roche.

C'est M. Damour qui a démontré l'inexactitude des observations des anciens auteurs et établi que la lherzolite constituait une roche composée d'olivine, de pyroxène vert chromifère, d'enstatite et de spinelle (picotite) (*B. S. G.* 2e sér. XIX. 413. 1862).

Les échantillons étudiés par M. Damour renfermaient environ 75 °/o de l'olivine dont l'analyse a été donnée plus haut.

La lherzolite est une roche jaune verdâtre finement grenue, très dense (4.08). Ses éléments sont parfois exactement calibrés ; dans d'autres cas, on observe des concentrations de pyroxène vert ou d'enstatite brune et de picotite noire.

Ariège. La lherzolite est surtout abondante dans l'Ariège où je l'ai particulièrement étudiée. La masse la plus importante se trouve à l'Etang de Lherz, au sud de Massat ; il en existe une série très nombreuse d'affleurements depuis Lherz jusqu'à Suc et aux environs de Vicdessos et de Sem. Une autre série de gisements commence à Bestiac et Caussou dans la vallée de l'Ariège et se retrouve très développée aux environs de Prades (Ariège).

Cette roche se rencontre toujours au milieu des massifs de calcaires dolomitiques secondaires. J'ai pu déterminer approximativement son âge qui date du milieu du jurassique.

J'ai en effet constaté, notamment au bois de Fajou près Caussou, d'intéressants phénomènes de contact de la lherzolite avec les calcaires marneux du lias moyen et recueilli en de nombreux points des galets lherzolitiques dans les calcaires dolomitiques supérieurs dont l'âge est malheureusement encore indécis, mais certainement compris entre le lias supérieur et le crétacé inférieur.

Les masses de lherzolite de l'Ariège, sauf quelques exceptions, ne se serpentinisent que peu profondément ; la roche exposée à l'air devient rougeâtre et les buttes de lherzolite se distinguent de loin, tranchant sur leur fond de calcaire blanc par leur couleur et leur aridité complète.

La roche étudiée en lames minces montre une structure grenue très nette ; seul le spinelle, quand il est inclus dans l'olivine, présente des formes géométriques.

Il n'est pas rare de trouver des macles de diopside et d'enstatite. Enfin j'ai rencontre à Caussou une variété de lherzolite dont tous les

éléments sont moulés par de grands cristaux porphyriques (atteignant $0^{cm}5$) de hornblende noire offrant en lames minces une couleur jaune analogue à celle de la hornblende basaltique.

La roche présente des traces évidentes des phénomènes mécaniques qui ont bouleversé la région ; souvent tous ses éléments sont écrasés et l'on observe leurs fragments cimentés par leurs débris, présentant un type de la *structure en mortier*. L'enstatite est courbée et tordue ; l'olivine présente des extinctions ondulées, un même cristal étant constitué par plusieurs plages à séparations rectilignes ; peut-être se trouve-t-on là en présence de macles par compression. Dans plusieurs gisements, et notamment à Prades et à l'Etang de Lherz, la lherzolite est traversée par des veinules pegmatoïdes de composition variée (pyroxène, spinelle, pléonaste vert, enstatite — enstatite et hornblende — hornblende, pyroxène, spinelle, enstatite, olivine) renfermant parfois du grenat pyrope avec bordure de kelyphite et plus rarement de l'anorthite.

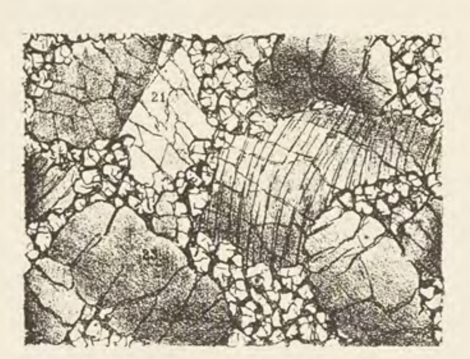


Fig. 14.

Lherzolite de Lherz montrant les déformations mécaniques subies par la roche.
De grands cristaux d'olivine (23), de diopside (21), de plages tordues d'enstatite sont entourées par de l'olivine écrasée.

La lherzolite de l'Ariège se transforme parfois en serpentine (cette transformation n'est jamais que partielle dans les gisements de cette région) ; on en voit de bons exemples aux environs de Prades et à l'étang de Lherz.

A Sem et à Suc, j'ai observé des cas rares de formation de microscopiques veinules d'actinote secondaire traversant la roche et semblant se produire aussi bien aux dépens de l'olivine qu'à ceux des pyroxènes. Cette amphibole forme des aiguilles ou de petits squelettes vermiculés au milieu d'un minéral à un axe négatif qui paraît être du dipyre : dans d'autres cas, l'élément blanc est du feldspath triclinique.

Haute-Garonne. Dans la Haute-Garonne, les lherzolites sont souvent transformées en serpentine. A Moncaup et à Arguénos la serpentinisation presque complète est accompagnée de formation de veines d'opale et de carbonate de magnésie : la serpentine renferme plusieurs variétés

fibreuses de chrysotile (voir à chrysotile). Dans le même gisement, il existe des roches exceptionnelles constituées par du pyrope entouré de kelyphite et du diallage montrant de beaux phénomènes de torsion accompagnés de macles secondaires.

M. Gourdon m'a communiqué de petites veinules vertes de *garniérite* qu'il a recueillie dans la serpentine de Moncaup. Ce minéral provient certainement comme celui de la Nouvelle-Calédonie de la décomposition du péridot de la lherzolite qui doit être faiblement nickelifère.

La lherzolite se rencontre en outre dans plusieurs autres points de la chaîne des Pyrénées.

Plateau central. — Il existe dans la région gneissique du Plateau central et notamment dans la vallée de l'Allier (Saint-Projet, Saint-Ilpize, etc.), de nombreux gisements de serpentine qui doivent être rapportés à la décomposition de la lherzolite, le péridot n'y est intact que çà et là. L'origine de ces péridotites n'est pas claire et l'on ne sait pas exactement si elles constituent des bancs contemporains des gneiss et des amphibolites qui les renferment ou si elles y forment des masses intrusives.

Un grand nombre d'auteurs signalent sur l'autorité de M. des Cloizeaux l'existence de la lherzolite à Beyssac (*Haute-Loire*). M. des Cloizeaux m'a assuré n'avoir jamais vu cette roche. Il y a là certainement une méprise ; la roche de Beyssac décrite par M. Damour dans le mémoire cité plus haut possède bien la composition minéralogique de la lherzolite, mais elle constitue un des nodules à olivine dont il sera question plus loin. L'échantillon étudié provient sans doute de Bessac en Saint-Jean-de-Nay.

Vosges. — *Vosges*. Un certain nombre de serpentines des Vosges proviennent de lherzolites. On peut à ce point de vue citer celles des Bagnelles près du Col du Bonhomme, de Haut-Naymont près Saint-Dié, etc.

Esterel. — *Var*. C'est sans doute au même type qu'appartiennent les serpentines de la Molle près Cogolin sur lesquelles j'aurai l'occasion de revenir au sujet des silicates hydratés de magnésie.

Péridotite à enstatite seule (harzburgite).

La péridotite constituée par de l'olivine et de l'enstatite ne se rencontre guère en France qu'à l'état de serpentine et notamment dans les Vosges à Faurupt et dans divers points de la Corse.

Péridotite sans bisilicates (*dunite*).

La péridotite sans pyroxène constitue le type le plus abondant dans les Vosges ; on la trouve notamment à Narouel, Saint-Étienne, Cleurie, Chondray, Haycot en Brezouars, entre Eloyes et Jarmenal, aux Houx, au Goujot, etc. La plupart de ces péridotites sont grenatifères et renferment les pseudomorphoses qui seront étudiées à l'article *grenat pyrope*.

C'est à l'un des types précédents et peut-être aussi à la dunite qu'il faut rapporter les serpentines de la Nouvelle-Calédonie qui renferment la garniérite constituant à l'heure actuelle le meilleur minerai de nickel exploitable.

Péridotite à hornblende (*picrite à hornblende*).

J'ai découvert dans l'Ariège des gisements importants de ce type de péridotite. J'ai décrit déjà ceux qui se trouvent au pic Saint-Barthélemy (*B. C. G.* II. 16. 1890).

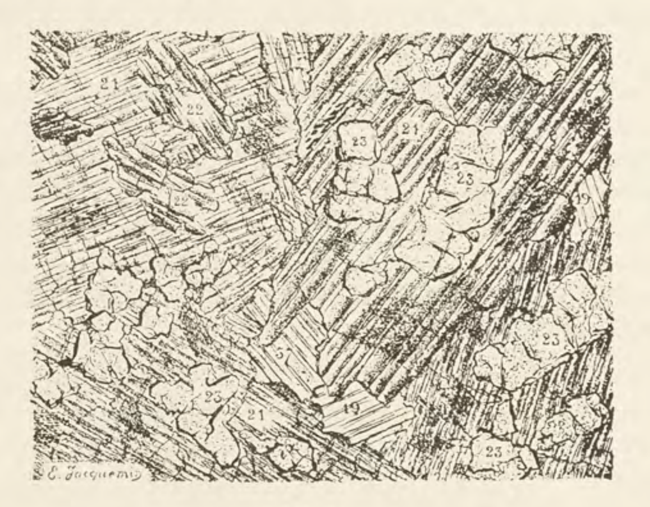


Fig. 15.
Lame mince de la péridotite à hornblende du pic St-Barthèlemy.
19. Biotite. — 21. Amphibole. — 22. Hypersthène. — 23. Olivine.
37. Clinochlore.

J'en ai rencontré depuis de beaucoup plus importants au sud d'Ax, dans la haute vallée de l'Oriège entre ce ruisseau et son affluent le Gnoles (Mont-Bédeilla). La péridotite y constitue des accidents au milieu d'un massif de gabbro-diabase. Plusieurs affleurements se ren-

contrent également dans les schistes cristallins des environs immédiats d'Ax (Petches).

L'olivine y est beaucoup moins abondante que dans la lherzolite. La roche ressemble à une amphibolite à grands éléments ; sur les clivages de hornblende verte (ils atteignent parfois 4^{cm} de côté), on distingue de petits grains noirâtres d'olivine donnant à ces clivages l'aspect de la *bastite* du Harz ; cette structure est celle qui a reçu le nom de *lustre-mottling* des géologues anglais.

Au microscope, on constate que les grains arrondis et toujours intacts d'olivine, d'enstatite et de spinelle sont englobés par de grandes plages d'amphibole accompagnée d'un mica blond pâle et de clinochlore.

Cette roche comme aspect se rapproche beaucoup des péridotites à hornblende des bords de l'Hudson.

M. Termier m'a communiqué une roche analogue qu'il a rencontrée en amas dans le granite à l'ouest de Marlhes (Haute-Loire). Des roches similaires se rencontrent dans les gneiss de la même région. L'amphibole a sensiblement les mêmes dimensions que les autres éléments : le spinelle y est plus abondant que dans les roches des Pyrénées.

b) *Nodules à olivine des roches basaltiques.*

On rencontre dans les tufs de projections basaltiques d'un grand nombre de régions des bombes ayant la composition minéralogique des lherzolites.

Ces bombes à olivine sont très fréquentes en France soit dans les tufs, soit dans les coulées basaltiques. Le péridot d'un beau jaune y est en général très apparent ; la roche est souvent friable et permet aisément d'en séparer les divers éléments (péridot, enstatite, diopside chromifère vert, spinelle vert, spinelle noir).

Dans quelques gisements, le péridot est brun rouge ; il présente alors les phénomènes de rubéfaction sans hydratation étudiés plus haut ; c'est dans ce genre de roches qu'il est le plus facile de les observer. A Montaudou près Royat, on peut voir d'intéressantes transformations du péridot en carbonates rhomboédriques.

Les gisements qui se recommandent plus particulièrement à l'attention par l'abondance des bombes à olivine sont les suivants. On pourrait du reste en multiplier beaucoup le nombre.

Hérault. Valmascle, Montferrier, Agde. (Altérations ferrugineuses).

Drôme. Volcans de Chenavari, de Colombier, etc. près Montélimar (Faujas de Saint-Fons, *Recherches sur les volcans éteints du Vivarais*, etc., 1778, p. 248).

Plateau Central. — *Haute-Loire*. Volcan de Tareyre (dans ce gisement les nodules frais ou rubéfiés sont extrêmements abondants et atteignent parfois 0m50 de diamètre), Taulhac, le volcan du Coupet, le volcan de Briançon, Mont-de-Bar près Allègre, Langeac, etc.

Cantal. Puy-Gros près le puy Violent, Saint-Bonnet près Salers, Laurie, Feyssergue, sur les limites du Cantal et de l'Aveyron (dans brèche du basalte des plateaux), plateau de Chalinargues au N.-O. de Neussargues, etc.

Puy-de-Dôme. Plateau des Rentières près Ardes (altérations ferrugineuses fréquentes), Montaudou près Royat, les grottes de Jonas près Besse, Puy de Boueix, etc.

Ardèche. Environs d'Entraygues, en face du château de la Bastide (altérations ferrugineuses); Escunet, etc.

Loire. Environs de Montbrison, etc.

Saône-et-Loire. Drevin près Couches.

Bouches-du-Rhône. Volcan de Beaulieu.

Dans quelques gisements particuliers, on trouve des nodules à olivine renfermant de l'amphibole, de la biotite (Montaudou).

Assez souvent ces nodules ont subi des phénomènes de fusion et de recristallisation intéressants produits surtout aux dépens de l'enstatite, du diopside, de la hornblende et du mica ; aussi seront-ils étudiés aux articles respectifs de ces divers minéraux. L'olivine s'y charge alors d'inclusions vitreuses et parfois fond, puis recristallise avec des formes nettes se rapportant aux types représentés par les figures 12 et 13. Elle est alors riche en octaèdres de spinelle.

Notons en terminant que l'olivine se rencontre aussi, mais assez rarement, dans les gisements français, comme élément accessoire des bombes à hornblende des basaltes.

c) *Gabbros et diabases.*

Les gabbros à olivine sont peu abondants en France. Les gisements les plus nets sont ceux que j'ai signalés aux environs du Pallet dans la

Loire-Inférieure et dans la Haute-Ariège (M[nt] Bedeilla). L'olivine s'y trouve en grains généralement arrondis et sans formes distinctes ; il est un des plus anciens minéraux cristallisés dans la roche. Au Pallet, les cristaux englobés dans les feldspaths sont entourés de la zone amphi-

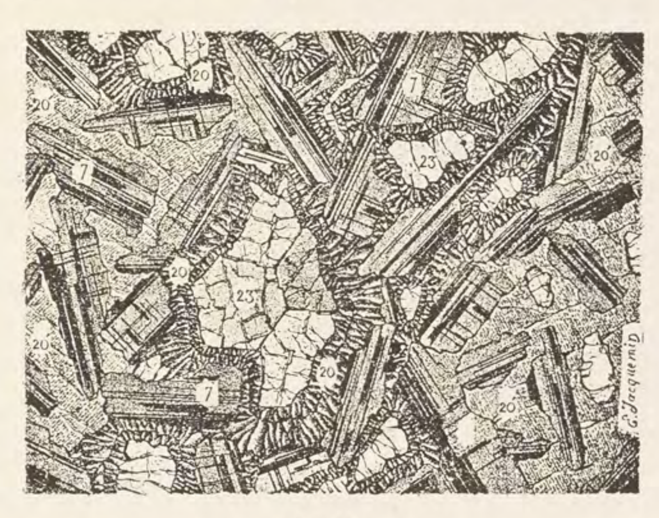


Fig. 15.

Olivine dans le gabbro du Pallet.
Les couronnes amphiboliques (20) s'observent au contact de l'olivine et du feldspath (labrador), celui-ci est moulé par le diallage (20) (structure ophitique). (Lame mince vue en lumière polarisée parallèle.)

bolique décrite plus haut qui ne s'observe pas quand les cristaux sont enveloppés par la hornblende ou par le pyroxène. Parfois les grains de péridot sont maclés suivant m (110) (fig. 15).

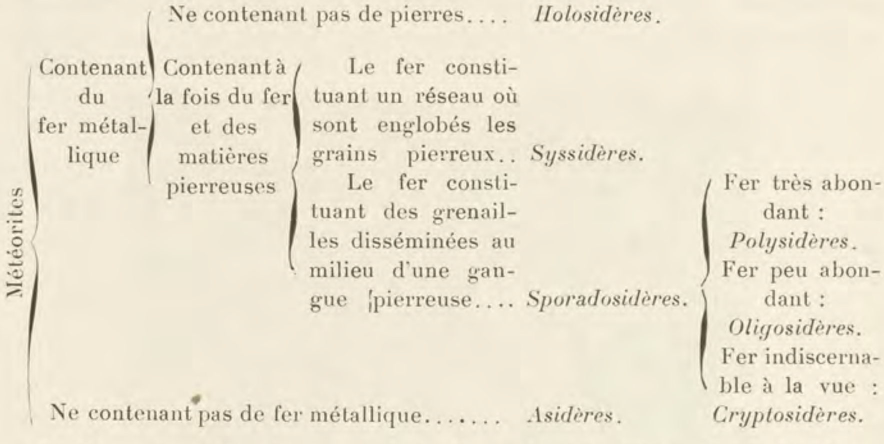
Dans les diabases à olivine françaises, le péridot présente les mêmes caractères que dans les gabbros ; il ne se transforme pas en amphibole, mais présente les divers modes de décomposition serpentineuse.

d) *Météorites.*

Le péridot est un élément essentiel d'un grand nombre de météorites. Je passerai rapidement en revue les principales formes qu'il y présente.

De nombreuses classifications de météorites ont été proposées par G. Rose, MM. Daubrée, Tschermak, etc. M. Daubrée a pris pour point

de départ le rôle que joue dans les météorites le fer natif. Il a établi les groupes suivants :



Météorites
- Contenant du fer métallique
  - Ne contenant pas de pierres.... *Holosidères.*
  - Contenant à la fois du fer et des matières pierreuses
    - Le fer constituant un réseau où sont englobés les grains pierreux.. *Syssidères.*
    - Le fer constituant des grenailles disséminées au milieu d'une gangue pierreuse.... *Sporadosidères.*
      - Fer très abondant : *Polysidères.*
      - Fer peu abondant : *Oligosidères.*
      - Fer indiscernable à la vue : *Cryptosidères.*
- Ne contenant pas de fer métallique....... *Asidères.*

M. Stanislas Meunier a proposé (*Encyclopédie Chim.* T. II. 1884) un grand nombre de noms (tirés de localités) pour désigner les météorites appartenant à ces divers groupes et faisant partie de la collection du Museum. Les météorites *holosidères* des chutes françaises seront étudiées à l'article fer.

Quant aux météorites *syssidères* et *sporadosidères polysidères*, elles n'ont jamais été constatées en France et nous n'avons à nous occuper que des *sporadosidères*, *oligo* et *cryptosidères* et des *asidères*.

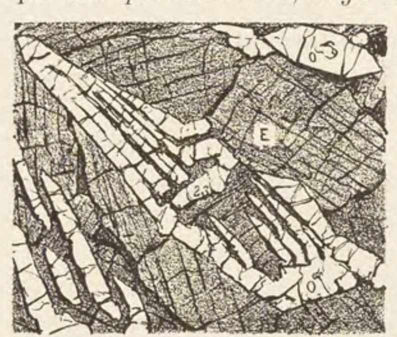


Fig. 16.
Olivine (O) à formes nettes ou en cristallites englobée par enstatite. (Lame mince de la météorite de Montrejeau. Grossissement. 200 diam.).

La partie pierreuse du plus grand nombre des météorites de ces groupes est essentiellement constituée par un mélange d'enstatite et d'olivine avec souvent un peu de chromite. Ces météorites sont parfois finement grenues, mais le plus souvent, elles possèdent une sorte de structure oolithique due à l'existence de petits globules, désignés sous le nom de *chondres*, qui ont la même composition que le reste de la roche mais qui présentent une structure spéciale. Ces chondres sont parfois très petits et lâchement unis entre eux de telle sorte que la météorite s'écrase avec la plus grande facilité

(météorite d'Ornans) ; mais généralement, ils sont réunis entre eux par un mélange grenu d'enstatite et de péridot. Quelques météorites sont constituées par de véritables *brèches*, composées de fragments de composition variable.

L'examen microscopique montre que les *chondres* sont formés soit de grains, soit plus souvent de baguettes d'enstatite seule ou associée au péridot. Celui-ci présente parfois des formes nettes, mais le plus souvent constitue des assemblages cristalliques dont les fig. 16 à 18 donnent une idée. Ils rappellent beaucoup ceux que l'on observe dans la fayalite des scories ou dans les reproductions synthétiques de MM. Fouqué et Michel Lévy. Un grand nombre de petits cristaux élémentaires se groupent parallèlement pour former le squelette d'un grand cristal englobé par l'enstatite. Il arrive souvent, et particulièrement dans les chondres dans lesquels l'enstatite domine, que les baguettes divergent à partir d'un point (voir à enstatite).

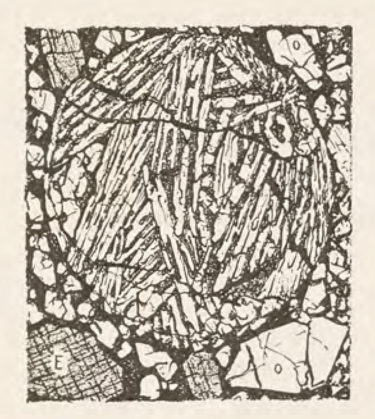


Fig. 17.
Chondre d'olivine de la météorite de Montrejeau entouré par un mélange d'olivine (O) et d'enstatite (E). Dans le chondre, les baguettes d'olivine présentent un grand nombre d'orientations différentes. (Lame mince. Grossissement 100 diam.).

Dans les météorites françaises, les chutes de Montrejeau, d'Agen, d'Aumale, d'Aigle, de Beuste, de Lancé, etc., donnent de bons exemples de chondres.

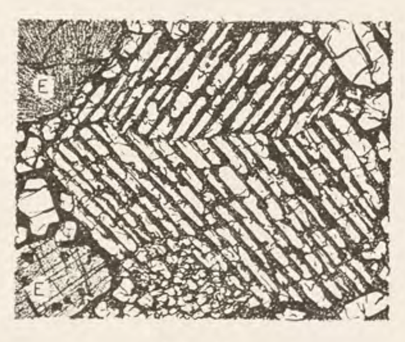


Fig. 18.
Chondre d'olivine de la même météorite dans lequel l'olivine constitue deux squelettes cristallins à orientations différentes. En haut, à gauche, chondre fibreux d'enstatite. (Lame mince. Grossissement 100 diam.).

Quant au magma qui englobe les chondres, il présente généralement la structure grenue ; les dimensions des éléments constitutifs sont très variables dans un même échantillon. La structure en mortier que l'on observe dans les roches ayant subi des actions dynamiques puissantes est fréquente, et certaines météorites sont formées par de véritables brèches de friction microscopiques.

Dans quelques cas, on observe en dehors des chondres des cristaux de péridot ou d'enstatite à formes nettes (Montrejeau). Le péridot des météorites est constitué par de l'olivine ou par des types plus ferrifères (hyalosidérite). Il forme en moyenne 50 °/₀ des météorites du type commun. Cette proportion s'élève exceptionnellement à 75 °/₀ (Ornans).

Quant à la partie métallique de la météorite (*fer nickelé*, *troïlite*), elle est postérieure aux éléments pierreux qu'elle moule.

En outre des minéraux qui viennent d'être énumérés, quelques météorites renferment un peu de feldspath, de pyroxène monoclinique, de la matière charbonneuse, etc. Les chutes de ce type commun sont assez fréquentes en France ; à titre de document, je donne ci-jointe la liste extraite du mémoire de M. Stanislas Meunier auquel il a été fait allusion plus haut[1] :

1492, 7 novembre.....	Ensisheim (Alsace).
1753, septembre......	Luponnas près Pont-de-Veyle (Ain).
1768, 13 septembre...	Lucé (Sarthe).
1790, 24 juillet.......	Barbotan (Gers).
1798, 8 ou 12 mars...	Salles près Villefranche (Rhône).
1803, 26 avril.........	Laigle (Orne).
1803, 8 octobre.......	Saurette près Apt (Vaucluse).
1806, 15 mars........	Environs d'Alais (Gard).
1810, septembre......	Chartres (Eure-et-Loir).
1810, 23 novembre....	Charsonville près Orléans (Loiret).
1812, 10 avril........	Toulouse (Haute-Garonne).
1812, 5 août..........	Chantonnay (Vendée).
1814, 5 septembre....	Environs d'Agen (Lot-et-Garonne).
1822, 3 janvier........	Angers (Maine-et-Loire).
1822, 13 septembre...	La Baffe près Épinal (Vosges).
1826, (?).............	Galapian près Agen (Lot-et-Garonne).
1831, 13 mai..........	Vouillé près Poitiers (Vienne).
1835, 31 janvier.......	Mascombes (Corrèze).
1838, 22 juillet.......	Montlivault (Loir-et-Cher).
1841, 12 juin.........	Château-Renard en Triguères (Loiret).
1842, 4 juin..........	Aumières (Lozère).
1844, 21 octobre......	Favars près Layssac (Aveyron).
1845, 25 janvier.......	Louans (Indre-et-Loir).
1851.................	Quinçay (Vienne).
1857, 4 octobre.......	Les Ormes (Yonne).
1858, 9 décembre.....	Montrejeau (Haute-Garonne).
1859.................	Beuste (Basses-Pyrénées).
1865, 25 août.........	Aumale (Algérie).
1866, 30 mai.........	Saint-Mesmin (Aube).

1. Voir *Supplément*, T. IV, 718.

1867, 9 juin.........	Tadjera près Sétif (Algérie).
1868, 11 juillet......	Ornans (Doubs).
1868, 8 septembre...	Sanguis, Saint-Étienne (Basses-Pyrénées).
1869, 22 mai........	Kernouve en Cléguérec (Morbihan).
1872, 23 juillet......	Authon, Lancé (Loir-et-Cher).
1874, 26 novembre...	Kerilis, Mael Pestivien (Côtes-du-Nord).
1876, 16 août.......	Feid Chair, La Calle (Algérie).
1879, 31 janvier.....	La Bécasse, Dun-le-Poëlier (Indre).
1883, 28 janvier.....	Saint-Caprais de Quinsac (Gironde).

Un type plus rare est celui qui a été désigné par G. Rose sous le nom de *Howardite* et qui est représenté en France par la chute du Teilleul (Manche) (14 juillet 1845). Dans cette roche, le péridot est peu abondant, la plus grande partie de la météorite est formée d'anorthite, d'enstatite et de pyroxène monoclinique. La structure est celle d'une brèche de friction. Tous les éléments brisés sont cimentés par leurs débris ; on y rencontre en outre de la chromite, du fer nickelé et de la troïlite.

Dans le groupe des *asidères*, il y a lieu de distinguer, pour les types péridotiques, la météorite de Chassigny (Haute-Marne) (3 octobre 1815), presque entièrement constituée, d'après M. Damour, par de la hyalosidérite et de la chromite. C'est une roche d'un gris jaune.

Dans les météorites charbonneuses d'Alais, Saint-Étienne de Lolin (Gard) et Orgueil (Tarn-et-Garonne) (14 mai 1864), la forte quantité de magnésie, décelée par les analyses, provient sans doute de péridot décomposé.

Quant aux météorites asidères de Juvinas (Ardèche) (15 juin 1821) et de Jonzac (13 juin 1819) appartenant au type *eukrite* de G. Rose, elles sont essentiellement constituées par de l'anorthite et du pyroxène monoclinique. Elles possèdent la structure ophitique et seront étudiées à l'article feldspath.

On sait que les météorites pierreuses sont entourées par une croûte noire, qui est terne dans les météorites péridotiques et vernissée dans les météorites feldspathiques.

e) *Calcaires cristallins (cipolins des gneiss).*

Pyrénées. — *Ariège.* Les cipolins d'Arignac et de Mercus dont il a été question au sujet des humites (page 123) renferment en abondance de l'olivine jaune paille dont l'analyse a été donnée plus haut. J'ai

recueilll en 1891 à Arignac un bloc de calcaire renfermant des cristaux arrondis de ce péridot atteignant 3 cm de diamètre. C'est l'un d'eux qui a été analysé après purification.

L'olivine dans ces calcaires accompagne la clinohumite et peut-être la humite rhombique dont elle ne se distingue pas en lames minces. Les produits d'altération serpentineux sont les mêmes pour les deux minéraux.

Vosges. — *Vosges*. Il est fort possible que le minéral non maclé qui accompagne la chondrodite dans les cipolins du Chipal et de Sainte-Marie-aux-Mines soit aussi en partie constitué par de l'olivine. Il ne m'a pas été possible de le vérifier par une analyse chimique et je me contente d'appeler sur ce point l'attention des minéralogistes qui auront l'occasion d'étudier ces gisements.

Gisements douteux.

Je terminerai en citant trois indications de gisements de péridot qui me paraissent improbables.

Dufrénoy a signalé (*Minéralogie*, III. 555. 1847) l'existence de la villarsite (voir page 175) dans les granites du Forez ; il en a même donné l'analyse suivante :

SiO^2..........	40,52
MgO..........	43,75
FeO..........	6,25
CaO..........	1,70
K^2O..........	0,72
H^2O..........	6,21
	99,15

Il y a eu certainement une méprise dans le choix de l'échantillon analysé : le minéral décrit par Dufrénoy est en effet abondant dans les roches granitiques du Forez ; les grains d'un beau jaune citron qui le constituent ne sont autre chose que du feldspath en voie de transformation en damourite. Tous les prétendus granites à villarsite de cette région m'ont conduit au même résultat. Il en est de même de ceux du Morvan cités par Dufrénoy.

D'après Bouillet (*Top. min.*), Mossier père aurait trouvé le péridot avec cymophane (?) dans le granite au nord de Chanat (*Puy-de-Dôme*). M. Gonnard (*op. cit.* 36) signale cette indication comme probablement inexacte.

Héricart de Thury (*J. M.* XX. 61. 1806) indique l'existence de péridot en grains verdâtres sans formes distinctes associé à l'érythrine, l'argyrose, l'argent natif, etc. à Chalanches en Allemont (*Isère*).

FAYALITE[1]

$Fe^2 Si O^4$

Formes observées. h^1 (100), g^1 (010), g^3 (120) ; p (001), a^1 (101) ; e^1 (011), $e^{1/2}$ (021) ; $b^{1/2}$ (111).

Macles. Macles suivant m (110), semblables à celles de l'olivine, observées dans la fayalite des scories.

Les cristaux que j'ai eu l'occasion d'examiner ne dépassent pas $0^{mm}4$; ils sont recouverts d'un enduit ferrugineux qui ne permet aucune mesure d'angles par réflexion ; en général, seuls les angles de la zone verticale peuvent être mesurés au microscope.

Faciès des cristaux. Les cristaux de fayalite que j'ai étudiés sont aplatis suivant p (001). Ils se rapportent à deux types, suivant que dans la zone verticale, h^1 (100) et g^1 (010) dominent et que g^3 est moins développée (fig. 2), ou qu'au contraire cette dernière forme est très développée et h^1 (100) réduite (fig. 3). Les cristaux sont très petits, les dômes sont réduits à de fines facettes et manquent le plus souvent.

Les cristaux de fayalite qui sont fréquents dans les scories des usines métallurgiques ont la forme des cristaux d'olivine.

Clivages. Clivage net suivant g^1 (010), moins facile suivant p (001); traces de clivage suivant h^1 (100), jalonné par des inclusions ferrugineuses. Dans les cristaux des scories, c'est le clivage p (001) qui est le plus facile.

Dureté. 6 à 7.

Densité. La densité n'a pu être fixée à cause de la rareté et de la petitesse des cristaux ; elle est probablement voisine de 4.

Coloration. Les cristaux sont d'un jaune verdâtre très pâle ; ils sont souvent riches en pigment ferrugineux formant dans les cristaux une sorte de voile rougeâtre. Quand ce pigment est très abondant le minéral est rougeâtre ou noir.

Les cristaux des scories sont très riches en verre et en inclusions fer-

1. Voir *Supplément*. T. IV, p. 714.

rugineuses qui leur donnent un éclat métallique. Ils sont aussi souvent brillamment irisés.

Éclat vitreux, un peu gras sur le clivage facile (cristaux artificiels). Les très petits cristaux sont souvent transparents ou translucides. Le minéral est toujours transparent en lames minces.

Inclusions. Les cristaux naturels renferment les inclusions ferrugineuses citées plus haut. Les cristaux artificiels ont souvent une structure intérieure cristallitique ; ils sont riches en inclusion de matière vitreuse.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë négative perpendiculaire à g^1 (010). Les propriétés optiques de la fayalite ne diffèrent donc de celles de l'olivine que par le signe de la bissectrice, l'écartement plus faible des axes optiques et la biréfringence plus grande.

Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100).

$$2\,\mathbf{V} = 55^\circ \text{ environ}$$
$$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0{,}043 \text{ environ (scories). (M. L.)}$$

Pléochroïsme. Le pléochroïsme très faible observé sur quelques cristaux du Mont-Dore semble tenir à l'existence des inclusions ferrugineuses.

Composition chimique. La fayalite de l'unique gisement français n'a pu être analysée. Quant à celle des scories, elle se rapproche de la composition théorique, une petite quantité de protoxyde de fer étant cependant en général remplacée par un peu de protoxyde de manganèse et plus rarement par un peu de magnésie.

Essais pyrognostiques. Facilement fusible en un émail noir magnétique ; facilement soluble dans les acides en faisant gelée.

Diagnostic. (Voir à olivine.) La fayalite se distingue de l'olivine par le signe de sa bissectrice, par sa fusibilité et, dans les cristaux du Mont-Dore, par l'aplatissement suivant p (001).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Plateau central. — *Puy-de-Dôme.* J'ai signalé (*B. S. M.* XIV. 13. 1891) l'existence de la fayalite dans un fragment d'andésite enclavé

dans le trachyte du rocher du Capucin, au Mont-Dore. L'unique échantillon que j'ai étudié est creusé d'une cavité mesurant 4^{cm} sur 2^{cm} ; celle-ci est tapissée d'octaèdres de magnétite, de lamelles de biotite et de petits cristaux d'hypersthène et de fayalite.

Ces derniers ne dépassent pas $0^{mm}4$; ils sont jaune vif par transparence, mais généralement rouges et opaques, grâce à la couche d'oxyde de fer qui les recouvre.

Les formes dominantes sont p (001) suivant lesquelles les cristaux sont aplatis, g^1 (010), g^3 (120), h^1 (100). Il existe aussi de petites facettes qui n'ont pu être déterminées avec précision, mais qui semblent être a^1 (101), $e^{1/2}$ (021), $b^{1/2}$ (111). Les fig. 2 et 3 représentent les deux

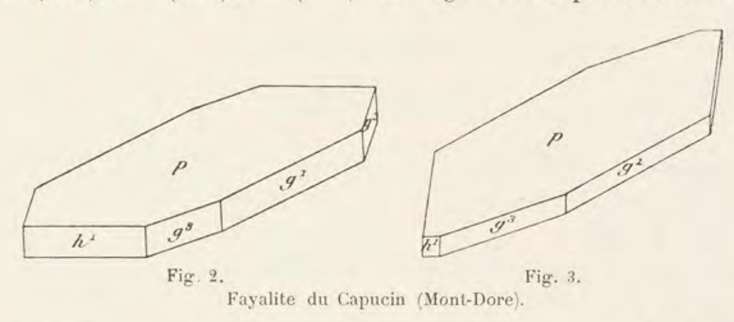


Fig. 2. Fig. 3.
Fayalite du Capucin (Mont-Dore).

types qu'offrent ces cristaux suivant le développement plus ou moins grand des faces h^1 (100) et g^3 (120).

Ces cristaux présentent une certaine analogie de forme et sans doute aussi de mode de formation avec ceux qui ont été décrits par M. Iddings dans les rhyolites du Yellowstone Park et des îles Lipari.

Scories métallurgiques.

La fayalite est le silicate qui se forme le plus abondamment dans les scories et laitiers d'un très grand nombre d'opérations métallurgiques ; aussi la rencontre-t-on dans les déblais de toutes les usines où l'on traite les métaux. La forme dominante des cristaux est généralement g^1 (010), g^3 (120), e^1 (011), bien que d'assez nombreuses faces aient été signalées dans quelques cas particuliers.

Très fréquemment, les fayalites artificielles forment d'énormes cristaux commençant par un squelette se remplissant peu à peu ou même restant à l'état cristallitique. Il en résulte des formes en trémies très curieuses à étudier au point de vue de la cristallogénie du péridot.

L'examen de lames minces taillées dans ces scories péridotiques montre également des formes cristallitiques soulignées par un résidu vitreux généralement assez abondant.

On y retrouve toutes les formes affectées par l'olivine dans les roches, depuis les cristaux complets jusqu'aux formes naissantes par lesquelles commence la cristallisation.

Il est à noter que ces fayalites sont en général tout à fait incolores en lames minces.

Les usines du Creusot et les forges de Gueugnon (Saône-et-Loire) m'ont fourni des cristaux de fayalite particulièrement beaux.

TITANOLIVINE

$(Mg,Fe)^2(Si,Ti)O^4$

Ce minéral a été décrit par M. Damour (*A. M.* VIII. 90. 1885). Il semble résulter de mesures faites par M. des Cloizeaux sur des fragments de cristaux, que ce minéral soit isomorphe de l'olivine. L'examen des propriétés optiques m'a conduit à faire quelques réserves à cet égard (*B. S. M.* XIII. 15. 1890).

Formes observées. M. des Cloizeaux a trouvé les formes p (001), h^1 (100); $a^{2/3}$ (302); e^1 (011), $e^{1/12}$ (0.12.1); ($b^{1/3}b^{1/12}h^{1/5}$) (15.9.10) et (b^1 $b^{1/12}g^1$) (11.13.2.).

Macles. Il existe des macles polysynthétiques qui seront étudiées aux propriétés optiques.

Clivages. Il n'y a pas de clivages. La cassure est inégale.

Dureté. 6.

Densité. 3,25 à 3,28 (Damour).

Coloration. Brun rouge à rouge grenat foncé. Éclat vitreux, un peu résineux. Poussière jaune orangé.

Propriétés optiques. En l'absence de formes cristallines dans les échantillons que j'ai étudiés (*B. S. M.* XIII. 15. 1890), j'ai dû me contenter de chercher à obtenir par tâtonnement des plaques perpendiculaires aux trois axes de l'ellipsoïde. Les échantillons que j'ai examinés m'ont été donnés prr MM. Damour et Rouast; ils proviennent de Zermatt [Valais] et de Pfunders [Tyrol].

Les indices mesurés par le procédé de la réflexion totale m'ont donné les résultats suivants pour le jaune :

$$n_g = 1{,}702$$
$$n_m = 1{,}678$$
$$n_p = 1{,}669$$

D'où :

$$2\,\mathbf{V} = 62^\circ\ 56'$$
$$n_g - n_p = 0{,}033$$

Une mesure directe de l'écartement des axes m'a donné :

$$2\,\mathbf{E} = 119^\circ\ 30' \text{ d'où } 2\,\mathbf{V} = 61^\circ\ 58'$$

Il existe une dispersion des axes très nette avec $\rho < \nu$.

Dans les macles, on peut constater que les sections perpendiculaires à la bissectrice aiguë positive possèdent une extinction symétrique par rapport à la trace de la macle. L'indice moyen fait avec celle-ci un angle d'environ 20°. Quand la section du cristal coupe un des individus perpendiculairement à la bissectrice obtuse n_p, le second est oblique sur le plan des axes optiques. L'extinction est simultanée dans les deux plages qui ne se distinguent que par les teintes de polychroïsme et leur biréfringence différentes.

En l'absence de formes extérieures, il n'est pas possible de dire si le minéral est monoclinique comme la clinohumite ou orthorhombique comme le péridot. Dans cette dernière hypothèse, la macle a lieu suivant un prisme voisin de $g^{5/3}$ (410).

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est très intense et analogue à celui des minéraux colorés du groupe des humites. On observe :

$$\left.\begin{matrix} n_g \\ n_m \end{matrix}\right\} = \text{jaune clair}$$
$$n_p = \text{jaune rouge orangé}$$

Composition chimique. M. Damour a donné les trois analyses suivants du titanolivine *a*) et *b*) de Pfunders (Tyrol) *c*) de Zermatt (Valais) :

	a	b	c
SiO^2.......	39,30	36,87	36,14
TiO^2.......	5,30	3,51	6,10
MgO........	49,65	50,14	48,31
FeO.......	6,00	6,21	6,89
MnO.......	0,60	0,60	0,19
Perte au feu....	1,75	1,71	2,23
	99,60	99,04	99,86

La nature des substances chassées par la chaleur (eau ou fluor) n'a pas été déterminée.

Essais pyrognostiques. Comme l'olivine.

Altérations. Le titanolivine se transforme en chrysotile à la façon de l'olivine.

Diagnostic. La couleur du titanolivine l'a fait longtemps considérer comme du grenat almandin. En lames minces, il pourrait être confondu avec la chondrodite, grâce à sa couleur, son polychroïsme, sa biréfringence, le signe positif de sa bissectrice.

Dans les sections perpendiculaires à la bissectrice positive des cristaux maclés, il se distingue de la chondrodite grâce à la position du plan des axes optiques. En effet, dans la chondrodite (fig. 1) c'est la trace du plan des axes (n_p) qui fait avec la ligne de macle un angle de 30°, tandis que dans le titanolivine (fig. 2), c'est l'indice moyen (n_m) qui fait un angle de 20° avec cette même direction. Toutes les autres propriétés optiques sont les mêmes dans les deux minéraux.

Fig. 1. Fig. 2.
Orientation des axes de l'ellipsoïde optique dans les sections g^1 (010) de la chondrodite (fig. 1) et du titanolivine (fig. 2).

Le titanolivine possède en lames minces la même couleur que la staurotide. Cependant le maximum de polychroïsme ne se produit pas dans le même sens (suivant n_p dans le titanolivine, suivant n_g dans la staurotide); la biréfringence, les macles, l'absence de formes géométriques permettent du reste facilement la distinction de ces deux minéraux.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

[**Alpes suisses**]. — Le titanolivine est associé au péridot incolore dans un schiste pyroxénique et amphibolique de Zermatt [Valais]. On l'a trouvé dans les mêmes conditions à Pfunders [Tyrol].

PHÉNACITE

$Gl^2 Si O^4$

Rhomboédrique parahémidrique : $pp = 116°36'$
$[a : c = 1 : 0{,}661065]$

Formes observées. e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$, $k = (b^{1/3}\, d^1\, d^{1/2})$ $(41\bar{5}0)$; p $(10\bar{1}1)$, e^1 $(02\bar{2}1)$, $e^{1/2}$ $01\bar{1}1$, b^1 $(01\bar{1}2)$; d^3 $(31\bar{4}2)$, d^2 $(21\bar{3}4)$, $d^{3/2}$ $(32\bar{5}1)$, b^3 $(21\bar{3}4)$, b^2 $(11\bar{2}3)$, $e_2 = (d^{1/2}\, d^1 b^1)$ $(12\bar{3}2)$; $e_{1/2} = (d^1\, d^{1/2}\, b^{1/2})$ $(13\bar{4}1)$.

Macles. Les cristaux de Framont présentent fréquemment des macles par pénétration suivant e^2 (voir fig. 4 à 8).

Les angles mesurés donnés plus bas ont été pris par M. des Cloizeaux (Dx.) et par moi-même (Lx.) sur des cristaux de Framont. Ceux marqués d'un M ont été observés par M. Marignac sur les cristaux du Dauphiné.

	Angles calculés.	Angles mesurés.
e^2e^2	120°	
d^2e^1	150°	
d^1d^1	120°	
d^1k	160°54'	160°58' (Lx.)
		161° (Dx.)
$k\,e^2$	169°6'	169°3' (Lx.)
		169° (Dx.)
e^2p	127°21'	127°24' (M.)
pb^1(sur a^1)	121°46'	121°40' (Lx.)
b^1e^2	110°53'	110°50' (M.)
$e^{1/2}\,e^2$	127°21'	
e^1e^2	146°46'	146°40' (Lx.)
$d^1\,d^{3/2}$	162°2'	162° (Dx.)
$d^1\,d^2$	151°39'	151°32' (Lx.)
		151°30' (Dx.)
$d^1\,d^3$	141°0'	141°0' (Lx.)
$d^1\,p$	121°42'	121°37' (Lx.)
		121°35' (Dx.)

	Angles calculés.	Angles mesurés.
$d^{3/2}\,d^2$	169°37'	169°0' (Dx.)
$d^2\,d^3$	169°21'	169° (Dx.)
d^1b^2(sur p)	101°38'	101°40' (Lx.)
d^1b^2(sur b^1)	78°22'	78°30' (Dx).
d^1b^1(sur p)	90°	
$p\,b^2$	159°56'	160° (Lx.)
pb^1(sur b^2)	148°18'	148°20' (M.)
		148°15' (Lx.)
$p\,p$	116°36'	116°30' (M.)
b^2b^2(sur b^1)	156°44'	156°40' (Lx.)
b^2b^1	168°22'	168°31' (Lx.)
		169° (M.)
$p\,d^3$	160°42'	161°20' (Dx.)
$p\,d^2$	150°3'	
$pd^{3/2}$	139°40'	139°25' (Dx.)
d^2d^2(sur b^1)	56°42'	
d^2b^1(sur p)	118°21'	118°4' (M.)
$b^1\,b^1$	144°2'	144° (M.)

	Angles calculés.	Angles mesurés.
d^1e_2opp.	76°33'	76°30' (Lx.)
e_2e_2(s. $e^{1/2}$)	153°6'	
d^1b^2(s. $e^{1/2}$)	101°38'	101°40' (Dx.)
$e^{1/2}b^2$ adj.	159°56'	
$e^{1/2}e^{1/2}$som[t]	116°36'	
b^2b^2 (s[r] p)	156°44'	
e^2e_2 (adj.)	132°10'30"	132° (Lx.)
b^2e_2 (adj.)	157°43'	157°45' (Dx.)
e^2b^2	110°27'	110°40' (Lx.)
$d^1e_{1/2}$	154°33'	154°17' (Lx.)
d^1e_1	136°24'	136°45' (Lx.)
d^1e_2(s. e^1)	117°43'	117°38' (Lx.)
$p\,e_{1/2}$	131°50'	
$p\,e^2$ (lat.)	107°40'	

Faciès des cristaux. Les cristaux de phénacite des gisements français sont plus ou moins allongés suivant l'axe vertical. Les cristaux lenticulaires sont fort rares. Dans les macles, les faces du sommet sont généralement arrondies et comme corrodées alors que les faces prismatiques sont très nettes.

Clivages. Clivages très difficiles suivant d^1 $(11\bar{2}0)$ et p $(10\bar{1}1)$. Cassure conchoïdale ou inégale.

Dureté. 7 à 8.

Densité. 2,966 à 3,001. 2,966 (Framont, *Damour*).

Coloration. Incolore, quelquefois jaunâtre par suite d'infiltrations de produits ferrugineux dans les cassures. Éclat vitreux.

Propriétés optiques. Uniaxe *positif*.

M. des Cloizeaux a trouvé (*op. cit.* II. p. IX) pour la phénacite de Framont :

		Li	Na
$n_g\ \varepsilon$	=	1,6673	1,6697
$n_p\ \omega$	=	1,6508	1,6540

d'où, pour la biréfringence maximum (Na) :

$$n_g - n_p = 0,0157$$

Pléochroïsme. D'après M. des Cloizeaux, la variété jaune possède en lames épaisses un pléochroïsme net avec teinte jaune suivant $n_g\varepsilon$; suivant $n_p\omega$, le minéral est incolore.

Propriétés électriques. Hankel a décrit les cristaux de phénacite comme étant pyroélectriques. MM. Friedel et de Gramont n'ont obtenu à cet égard que des résultats négatifs (*B. S. M.* VIII. 78. 1885) et en ont conclu que l'hémiédrie de cette substance était douteuse. Antérieurement G. Rose et Riess (*P. A.* LIX. 398. 1843) étaient arrivés au même résultat sur les macles hémimorphes de Framont.

Composition chimique. L'analyse suivante de la phénacite de Framont est due à Bischof (*P. A.* XXXIV. 525. 1835) :

SiO^2.......	54,40
GlO.......	45,57
MgO+CaO.	0,09
	100,06

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau. Inattaquable aux acides.

Diagnostic. La forme des cristaux et les macles de la phénacite sont très caractéristiques. En l'absence de pointement, ce minéral peut être confondu avec le quartz. Sa dureté plus grande permet de l'en distinguer. En lames minces, la biréfringence de la phénacite est un peu plus forte que celle du quartz.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La phénacite est un minéral des granulites et des roches cristallines.

Bretagne. — *Morbihan.* J'ai pu étudier, grâce à l'inépuisable obligeance de M. de Limur, les échantillons de la Villeder que ce savant a décrits (*op. cit.*) comme phénacite, après y avoir constaté l'existence de la glucine. Le minéral en question est la bertrandite décrite p. 118.

Alpes. — *Isère.* M. Marignac a décrit autrefois (*Arch. Sc. phys. et nat.* Genève 1847, n° 27), sous le nom de tourmaline blanche, un cristal accompagné de quartz et d'anatase indiqué comme provenant probablement du Dauphiné. Miller, puis M. des Cloizeaux ont montré que ce minéral devait être de la phénacite.

Ces cristaux sont très analogues à ceux de Reckingen (Valais) décrits par M. Seligmann et présentent les formes e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$, p $(10\bar{1}1)$, b^1 $(01\bar{1}2)$, b^2 $(11\bar{2}3)$, d^2 $(12\bar{3}1)$. Les angles donnés plus haut concordent parfaitement avec ceux de la phénacite.

Un examen optique seul pouvait trancher définitivement la question ; il n'avait pu être fait encore, le cristal mesuré ayant été perdu et le seul cristal subsistant sur sa gangue ne pouvant être détaché.

M. Duparc, professeur à l'Université de Genève, a bien voulu me communiquer ce précieux cristal ; j'ai pu en étudier une petite esquille d'environ $^1/_{10}$ de millimètre qui m'a permis de constater que le minéral était à un axe *positif*, ce qui clôt le débat en faveur de la phénacite.

Peut-être est-ce au même minéral qu'il faut rapporter les cristaux accompagnant l'anatase du Dauphiné et décrits comme tourmaline blanche par Lévy (*op. cit.* II. p. 155) [1].

Vosges. — [*Alsace*]. C'est en 1834, au cours d'une excursion de la réunion extraordinaire de la *Société géologique de France*, que la phénacite fut découverte par Beyrich à Framont, dans la vallée supérieure de la Breusch (*P. A.* XXXIV. 519. (1835 et XL. 323. 1837).

D'après le Dr Carrière (*Ann. soc. d'émulat. des Vosges*), ce minéral ne se rencontrait déjà plus à Framont en 1861. On ne l'a trouvé que dans un point très circonscrit et à la partie supérieure de la Mine jaune.

Sa gangue est un quartz caverneux pénétré de limonite, résultant de la décomposition de pyrite. Il est accompagné de petits cristaux de quartz jaunâtre et de topaze dont on ne connaît du reste que le seul échantillon découvert par M. E. Bertrand et étudié page 64.

1. Voir *Supplément*. T. IV, 718.

Les cristaux de phénacite de Framont sont généralement très fendillés et, dans ce cas, très difficiles à isoler de leur gangue.

Le traitement par un acide de la limonite renfermant des cristaux, en apparence complets, ne donne souvent que des fragments brisés de phénacite.

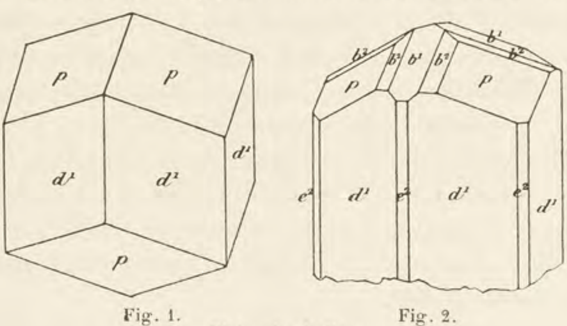


Fig. 1. Fig. 2.
Phénacite de Framont.

Les cristaux non maclés sont rares. Je dois à la bienveillance de M. Damour un échantillon de limonite dont j'ai extrait les cristaux représentés par les fig. 1 à 3. Les deux premiers sont allongés suivant l'axe vertical ; dans le troisième, le rhomboèdre primitif n'est accompagné que par des traces de e^2 $(10\bar{1}0)$. La forme lenticulaire de ce cristal semble être extrêmement rare à Framont. Les arêtes culminantes du rhomboèdre sont légèrement arrondies. M. Desharnoux m'a donné un petit cristal du type de la fig. 2 dans lequel b^1 $(01\bar{1}2)$ est aussi développé que p $(10\bar{1}1)$.

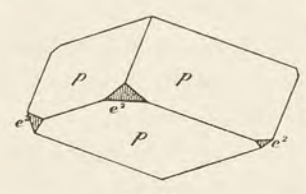


Fig. 3.
Phénacite de Framont.

Le cachet caractéristique de la phénacite de Framont réside dans les macles par pénétration décrites pour la première fois par Beyrich (*op. cit.*) auquel j'ai emprunté les fig. 4, 5 et 6.

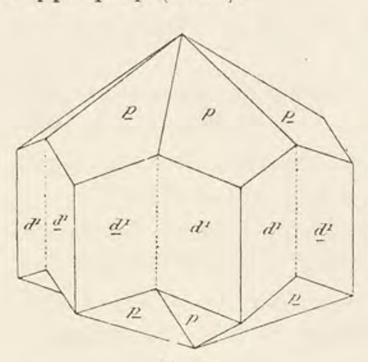
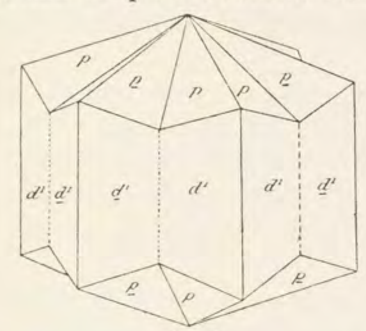


Fig. 4.
Macles à extrémités dissymétriques de la phénacite de Framont.

Parfois les cristaux ne présentent d'angles rentrants qu'à une extrémité (fig. 4) ; dans d'autres cas, au contraire, les deux extrémités de la macle sont symétriques par rapport à un plan horizontal (fig. 5 et 6). Il arrive souvent que dans les cristaux du type de la fig. 6, les angles rentrants de p $(10\bar{1}1)$ deviennent très peu développés ou même disparaissent complètement : la macle ne se reconnaît plus alors qu'aux stries des faces b^2 $(11\bar{2}3)$.

La macle représentée par la fig. 4 est hémimorphe ; cet hémimorphisme est plus net encore dans les cristaux plus compliqués.



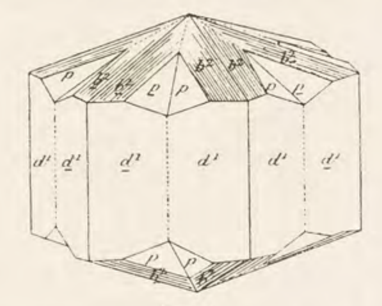


Fig. 5. Fig. 6.
Phénacite de Framont, macles avec extrémités symétriques.

M. Damour m'a donné de très jolis cristaux isolés terminés par leurs deux extrémités montrant cet hémimorphisme de la façon la plus évidente. La fig. 7 représente l'un d'eux, parfaitement transparent, ayant environ 2^{mm} de longueur.

Dans la zone verticale, d^1 $(11\bar{2}0)$ domine ; il est accompagné de e^2 $(10\bar{1}0)$ dont une seule face est bordée par deux fines facettes k $(41\bar{5}0)$.

L'une des extrémités brisée montre deux faces p $(10\bar{1}1)$ bordées par d^2 $(21\bar{3}1)$ et par b^2 $(11\bar{2}3)$; il existe en outre des traces de b^1 $(01\bar{1}2)$. Le scalénoèdre d^2 est holoèdre, mais ses faces sont très inégalement développées.

Fig. 7.
Phénacite de Framont, macles à extrémités dissymétriques.

L'autre extrémité présente la forme des sommets de la fig. 6, mais chaque angle porte au-dessus de e^2 une large face e^1 $(02\bar{2}1)$ généralement creuse. Il existe aussi de fines faces b^1 qui n'ont pas été dessinées pour ne pas compliquer la figure.

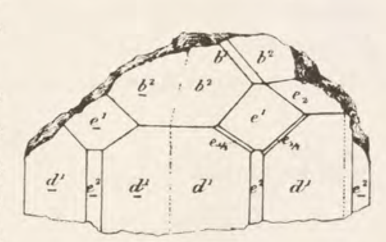


Fig. 8.
Phénacite de Framont, macles sans angles rentrants.

J'ai observé sur un cristal brisé de la collection de M. Damour les

faces $e_{1/2}$ $(13\bar{4}1)$, e^1 $(02\bar{2}1)$ et e_2 $(13\bar{3}2)$. Il n'existe qu'une seule face e_2 assez large tandis que $e_{1/2}$ est holoèdre constituant de très fines bordures sur les arêtes $e^1 d^1$. La fig. 8 représente ce cristal qui offre un exemple de la macle sans angle rentrant.

Beyrich avait décrit déjà des cristaux analogues dans lesquels, en outre des formes représentées par les fig. 4 à 6, il a signalé les faces 1/2 k $(41\bar{5}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$, d^2 $(21\bar{3}1)$, e^2 $(12\bar{3}2)$, d^3 $(31\bar{4}2)$, $e_{1/2}$ $(13\bar{4}1)$; les faces $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$ et b^3 $(21\bar{3}4)$ ont été indiquées pour la première fois par G. Rose.

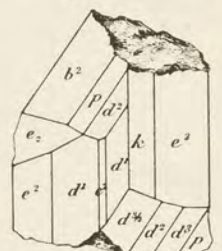


Fig. 9. Fragment d'un cristal de phénacite de Framont.

Enfin M. des Cloizeaux a décrit (*B. S. M.* IX. 174. 1886) un fragment de cristal hémimorphe présentant la forme nouvelle $d^{3/2}$ $(32\bar{5}1)$ avec en outre d^2 $(213\bar{1})$, d^3 $(31\bar{4}2)$, p $(10\bar{1}1)$ à une extrémité et d^2, p, b^2 $(11\bar{1}3)$ à l'autre : les faces de la zone verticale sont d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$ et k $(41\bar{5}0)$.

La figure 9 que je dois à l'obligeance de mon savant maître montre le développement pris par ces diverses faces.

GROUPE DES GRENATS

Les minéraux constituant ce groupe ont pour principal caractère commun leurs formes cristallines extérieures dérivant du système cubique. Ils se présentent sous la forme de rhombododécaèdres b^1 (110), de trapézoèdres a^2 (211) seuls (fig. 1 et 2) ou associés (fig. 3 et 4).

Leur composition chimique peut être représentée par la formule :

$$R^3R'^2, Si^3O^{12}$$

dans laquelle :

$$R = Ca,\ Mg,\ Fe \text{ ou } Mn \text{ et } R',= Al,\ Fe \text{ ou } Cr.$$

1. Afin d'éviter les répétitions dans la description des grenats des divers gisements, les faces seront énumérées suivant l'importance de leur développement : la combinaison b^1 a^2 se rapporte à la figure 3 et a^2 b^1 à la figure 4.

On y distingue généralement les six types théoriques suivants entre lesquels il existe du reste de très nombreux passages :

Grossulaire . .	$Ca^3Al^2Si^3O^{12}$
Ouwarowite . .	$Ca^3Cr^2Si^3O^{12}$
Mélanite	$Ca^3Fe^2Si^3O^{12}$
Pyrope	$Mg^3Al^2Si^3O^{12}$
Almandin	$Fe^3Al^2Si^3O^{12}$
Spessartine . . .	$Mn^3Al^2Si^3O^{12}$

On divise souvent les grenats d'après la nature du sesquioxyde qui entre dans leur composition en grenats alumineux, ferrifères ou chromifères. J'ai préféré les grouper de façon à réunir les grenats calciques qui possèdent en effet des propriétés spéciales.

Fig. 1.

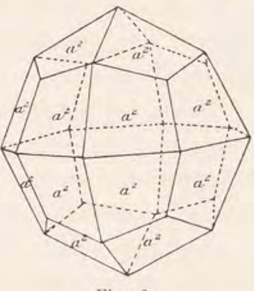


Fig. 2.

La symétrie extérieure des grenats masque les différences profondes qui existent entre quelques-uns d'entre eux. Depuis longtemps, plusieurs savants et en particulier M. des Cloizeaux avaient observé que certains grenats n'étaient pas tous monoréfringents. En 1876, M. Mallard, dans son classique mémoire sur les phénomènes optiques anormaux (*A. M. X.*, 1876) a décrit les propriétés biréfringentes de plusieurs types de grenats et a montré comment on pouvait rationnellement les interpréter en les considérant comme des minéraux de symétrie rhombique ou de symétrie inférieure dont les groupements figurent un cristal géométriquement cubique. Dès lors, de nombreux

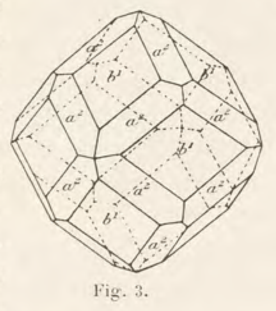


Fig. 3.

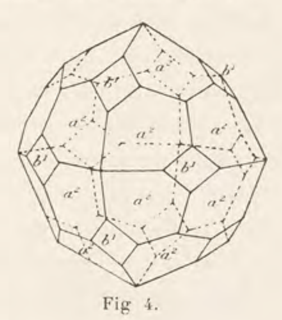


Fig 4.

travaux ont été publiés sur le sujet, notamment par MM. Klein (*N. J.* I. 87.1883) et Braun (*Jablonowskisch. Gesell.* Leipzig, 1891) qui considèrent les grenats comme étant réellement cubiques. Les propriétés optiques seraient dues, d'après eux, soit à des tensions mécaniques, soit à des mélanges isomorphes.

La discussion de cette intéressante question théorique n'a pas sa place ici ; je renvoie cependant à un mémoire récent de M. Mallard (*B. S. M.* XIV. 293. 1891) dans lequel ce savant a apporté des arguments décisifs en faveur de sa théorie en montrant que les constantes optiques du grenat pyrénéite étaient identiques dans tous les échantillons, comme cela a lieu dans les cristaux dont la symétrie rhombique est le mieux établie.

Il est intéressant de remarquer que les grenats calciques seuls présentent des phénomènes biréfringents nets, bien qu'il en existe de monoréfringents.

Parmi les divers types de propriétés optiques qui ont été décrits jusqu'ici dans les grenats, j'insisterai particulièrement sur ceux qui se rencontrent dans les gisements français et qui, par suite, nous intéressent plus directement ici.

Type pyrénéite. Ce type, décrit autrefois par M. Mallard dans l'ouwarowite, se présente avec la plus grande netteté dans le grenat pyrénéite, étudié récemment par le même savant qui a bien voulu m'autoriser à reproduire les figures de son mémoire (fig. 5 à 10).

Les dodécaèdres b^1 (110) de la pyrénéite ont la même constitution que ceux de la boracite ; ils sont formés par douze pyramides rhombiques, réunies au centre du cristal et ayant pour base les faces b^1. Ces douze cristaux se réduisent en réalité à six, puisque les deux pyramides ayant respectivement pour bases deux faces b^1 parallèles, peuvent être considérées comme appartenant au même individu. L'un des axes binaires de ces cristaux coïncide avec un axe binaire du cube ; les deux autres sont parallèles, l'un à un autre axe binaire, l'autre à l'un des axes quaternaires du cube.

Tandis que, dans la borocite, les individus constituants sont enchevêtrés, ils sont très distincts dans les grenats qui nous occupent. Dans la pyrénéite, la position de leurs plans de jonction peut même être vue en lumière naturelle grâce à des inclusions charbonneuses qui les ont recouverts (fig. 5, 7, 9 et 11).

Dans chaque cristal, l'axe minimum n_p est perpendiculaire à b^1 (110),

l'axe maximum n_g est parallèle à la grande diagonale de cette face et l'axe moyen n_m parallèle à sa petite diagonale.

La bissectrice aiguë est *positive*. 2 V = 56° environ. (Pour les données numériques concernant la pyrénéite, voir page 218.)

Les figures 5 et 6 représentent une section b^1. La plage centrale 1 est perpendiculaire à la bissectrice obtuse n_p ; les plages 2 et 3 sont perpendiculaires à la bissectrice

Fig. 5.
Photographie d'une section b^1 (110) de pyrénéite (D'après M. Mallard).

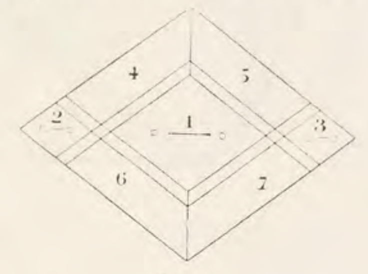


Fig. 6.
Dessin théorique de la fig. précédente (D'après M. Mallard).

aiguë positive ; le plus grand indice des plages 4, 5, 6 et 7 est voisin de leurs grands côtés.

Les figures 7 et 8 représentent une section perpendiculaire à un axe quaternaire du dodécaèdre [sections p (100)]. Les plages 1, 2, 3, 4 sont parallèles au plan des axes optiques.

Les figures 9 et 10 montrent une lame perpendiculaire à un axe ternaire du dodécaèdre passant près du centre du cristal [section a^1 (111)]. Les plages 1, 2, 3 et 4, 5, 6, 7, 8, 9 ont respectivement la même orientation et ne sont perpendiculaires à aucun des trois axes principaux de l'ellipsoïde optique.



Fig. 7.
Photographie d'une lame parallèle p (100) de la pyrénéite (D'après M. Mallard).

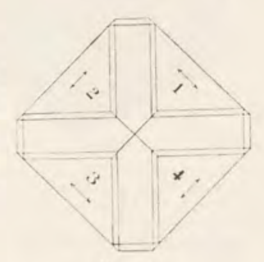


Fig. 8.
Dessin théorique de la fig. précédente (D'après M. Mallard).

M. Mallard a fait remarquer que le réseau élémentaire de ces gre-

nats n'est pas réellement orthorhombique, mais que chaque pyramide est elle-même constituée par des groupements intimes de cristaux d'une symétrie moins élevée.

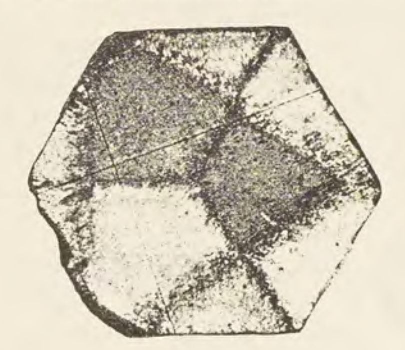


Fig. 9.
Photographie d'une section de pyrénéite parallèle à a^1 (111). (D'après M. Mallard.)

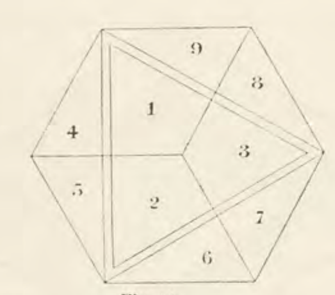


Fig. 10.
Dessin théorique de la section précédente. (D'après M. Mallard.)

Dans les plaques épaisses, on voit en effet de fines lamelles hémitropes dont les directions sont parallèles au plan de symétrie du cristal rhombique. La figure 11 représente un cristal de pyrénéite que j'ai recueilli au pic d'Espade. Il est taillé suivant le dodécaèdre, mais la section, au lieu de passer près de la surface comme dans les figures 5 et 6, est taillée au centre du cristal de façon à faire disparaître la plage centrale de la fig. 6.

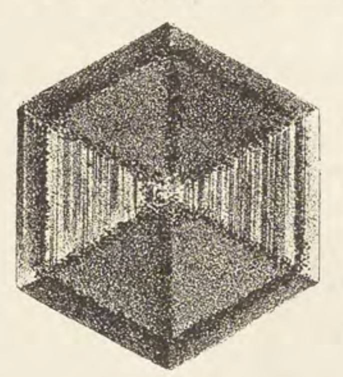


Fig. 11.
Section b^1 de pyrénéite passant par le centre et montrant les lames hémitropes dans les deux secteurs latéraux perpendiculaires à la bissectrice positive.

On voit très nettement dans les deux secteurs de droite et de gauche perpendiculaires à la bissectrice aiguë positive de fines bandelettes rappelant celles des feldspaths tricliniques. Les angles d'extinction sont très faibles et symétriques par rapport à la trace de la ligne de macle.

Dans les sections p (100), les groupements microscopiques sont représentés par deux séries de bandes à angles droits rappelant le quadrillage du microcline.

J'ai eu l'occasion d'étudier d'autres grenats construits sur le même type que la pyrénéite et dans lesquels la symétrie intérieure réelle est plus nettement oblique encore que dans la pyrénéite.

L'un provient de la montagne de Senet en Catalogne. Une section parallèle au dodécaèdre présente la structure de la pyrénéite, avec cette différence toutefois, que la plage centrale, au lieu de posséder une orientation homogène, est formée par le feutrage de petites lamelles biréfringentes. Quand on place le cristal dans la position de la fig. 12, de façon à ce que les sections principales des nicols servent respectivement de diagonale au losange central de la figure, l'extinction est imparfaite et il est nécessaire de tourner la préparation de petits angles à gauche ou à droite pour obtenir une extinction, du reste toujours incomplète, en raison des superpositions nombreuses des lames minces constituant la plage.



Fig. 12.
Section b^1 du grenat de Senet vue en lumière polarisée parallèle. (Les diagonales de la section losangique sont parallèles aux sections principales des nicols.) La plage centrale est formée par un feutrage de lames hémitropes.

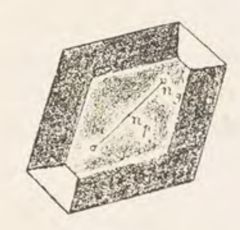


Fig. 13.
La même section placée à 45° de la position de la fig. 12. Les lamelles hémitropes placées dans la position d'éclairement commun ne sont plus visibles.

En plaçant le cristal à 45° de cette première position (fig. 13), les lamelles hémitropes se trouvent dans leur position d'éclairement commun, la plage se colore d'une façon uniforme et la superposition à la plaque d'une lame de quartz teinte sensible, ne permet plus de déceler la structure complexe de la plage.

On se trouve ici en présence de phénomènes absolument analogues à ceux que présente une lame p de microcline. Quant aux plages périphériques, elles possèdent les mêmes propriétés optiques que celles de la pyrénéite.

Une section p (001) faite près de la surface m'a donné la même disposition que celle qui est représentée plus loin par la fig. 17 ; mais les quatre secteurs toujours éteints sont entremêlés de fibres disposées parallèlement à leurs bissectrices ; elles ont un allongement tantôt positif, tantôt négatif et s'éteignent suivant les diagonales de la figure.

Enfin une section perpendiculaire à un axe ternaire et voisine de la surface montre une division en trois secteurs triangulaires, composés de

fibres interrompues, s'éteignant suivant les diagonales des trois triangles. Le plus grand indice de la section est parallèle à ces diagonales, contrairement à ce que l'on observe dans les sections semblables de pyrénéite et des autres grenats décrits plus loin.

Le peu de matière que j'ai eu à ma disposition ne m'a pas permis de pousser plus loin l'étude de ce grenat.

Il m'a été possible de faire une étude plus complète du grenat de Framont; il se rapproche tout à fait des précédents. Les figures 14, 15 et 16 représentent des sections parallèles au dodécaèdre et taillées à des distances variées du centre.



Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16.
Sections du grenat de Framont parallèles à b^1 (110) et taillées à la surface du cristal (fig. 14), à mi-distance du centre (fig. 15), au centre (fig. 16).

La seule différence existant entre ce grenat et la pyrénéite consiste dans la structure complexe de la plage centrale et dans l'écartement des axes optiques, beaucoup plus grand autour de la bissectrice aiguë positive que dans la pyrénéite. Dans celle-ci, en effet, 2 V est d'environ 56° tandis qu'ici 2 V est voisin de 90°. Il en résulte que la différence de biréfringence est très faible entre les deux petites plages latérales, perpendiculaires à n_g et la plage centrale, per-

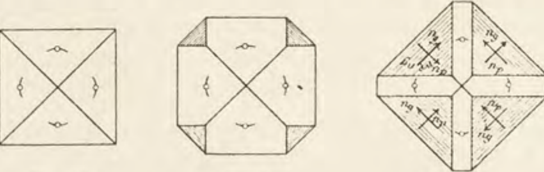


Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.
Sections du grenat de Framont parallèles à p (100) et taillées à la surface du cristal (fig. 17), à mi-distance du centre (fig. 18), au centre (fig. 19).

pendiculaire à n_p. De plus, par suite de cette valeur particulière de l'écartement des axes optiques, les sections parallèles à p (100),

au lieu d'être intermédiaires entre une bissectrice et un axe optique comme dans la pyrénéite, sont presque rigoureusement perpendiculaires à un axe optique.

Dans les sections passant par le centre ou voisines du centre (fig. 18 et 19), les quatre secteurs qui dans la fig. 8 sont marqués 1, 2, 3, 4 sont encore parallèles au plan des axes et présentent des bandes hémitropes très nettes.

Les sections parallèles aux faces de l'octaèdre ne présentent pas de grandes différences avec celles de la pyrénéite. Les six plages de la fig. 22 possèdent des bandes hémitropes parallèles aux côtés de l'hexagone avec extinction presque longitudinale, le plus grand indice de la section est parallèle également à la trace des lamelles hémitropes. Quant aux trois plages triangulaires des fig. 20 et 21, leur

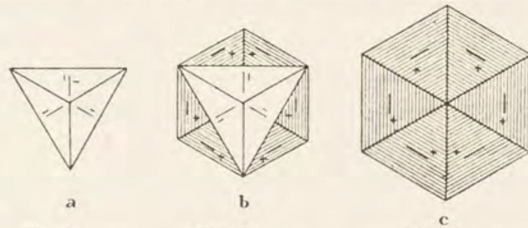


Fig. 20. Fig. 21. Fig. 22.
Sections du grenat de Framont parallèles à $a1$ (111) et taillées à la surface du cristal (fig. 20), à mi-distance du centre (fig. 21), au centre (fig. 22).

extinction a bien lieu suivant la diagonale de l'angle de 120° (direction du plus petit indice), mais cette extinction est imparfaite, la plage étant constituée par de petites fibres microscopiques entrelacées.

Enfin j'ai trouvé dans la syénite néphélinique de Pouzac des grenats grossulaires-mélanites offrant la même structure. Par suite de la rareté des cristaux, je n'ai pu obtenir que deux sections orientées de ce grenat. L'une est parallèle à p (100) et voisine de la surface ; elle est presque rigoureusement perpendiculaire à un axe optique comme dans le grenat de Framont.

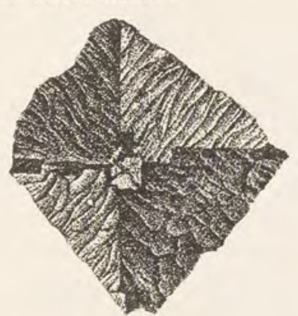


Fig. 23.
Section parallèle à p (100) du grenat de Pouzac.

La fig. 23 montre que ce grenat, au lieu de donner des plages à surface uniforme, possède un aspect chagriné très curieux.

L'autre section a été taillée dans un dodécaèdre noir à mi-distance de

la surface et du centre. En lumière naturelle, on constate que la plage est constituée par un losange central jaune brunâtre très foncé et par une large bordure presque incolore. Le centre est très ferrugineux (probablement *grenat mélanite*) ; la périphérie l'est beaucoup moins et se rapporte au type peu ferrugineux le plus fréquent dans ce gisement.

Les deux zones sont construites sur le plan de la *pyrénéite*. En lumière polarisée parallèle, on constate la même disposition que dans les figures 5 et 6, mais avec cette différence que le losange central (correspondant à la partie ferrugineuse), au lieu d'être homogène, a la structure de la fig. 15. Ce sont donc deux grenats (type pyrénéite) emboîtés l'un dans l'autre. L'extinction de la bordure périphérique du grenat ferrugineux central se fait d'une façon régulière, tandis que celle de la bordure du grenat extérieur est irrégulière, ondulée. On voit très nettement dans cette section que ces zones de composition chimique différente présentent de petites différences dans leurs propriétés biréfringentes. J'espère pouvoir me procurer de nouveaux cristaux de ce grenat qui me permettront de serrer la question de plus près.

Type topazolite. La connaissance des propriétés optiques des grenats du type précédent permet d'interpréter facilement celles de la topazolite. Si en effet, dans les figures 5 et 6, représentant une section b^1 de la pyrénéite, on suppose la plage centrale non plus homogène, mais constituée par quatre secteurs triangulaires, limités par les diagonales du rhombe, on a la figure représentée par une section b^1 de topazolite.

Le point de jonction des quatre pyramides ne se trouve généralement pas exactement au centre de la figure (fig. 24). Les diverses plages ne sont pas toujours rigoureusement limitées par des lignes droites; il arrive fréquemment que celles-ci fondent insensiblement l'une dans l'autre, comme cela a lieu dans la fig. 25.

Fig. 24.
Section b^1 de topazolite passant près de la surface. (D'après M. Mallard.)

En lumière polarisée parallèle, on constate que l'orientation est uniforme dans deux secteurs opposés par le sommet et que la projection du plus grand indice n_g fait avec la diagonale du rhombe central des angles variables avec les échantillons : 8° d'après M. Mallard, 2° à 17° d'après M. Klein.

En lumière convergente, on voit que les quatre secteurs centraux

au lieu d'être rigoureusement perpendiculaires à la bissectrice négative, comme l'était le rhombe central de la pyrénéite, sont un peu obliques sur cette bissectrice.

Si l'on imagine que l'angle d'extinction de chaque secteur diminue jusqu'à devenir nul, on voit que les quatre secteurs se confondront alors en un seul et l'on sera ramené au type de la pyrénéite.

Une section perpendiculaire à un axe quaternaire donne dans la topazolite une division en huit secteurs plus ou moins irréguliers s'éteignant à quelques degrés des diagonales de la face. En lumière convergente, on constate que quatre de ces secteurs sont un peu obliques sur un axe optique.

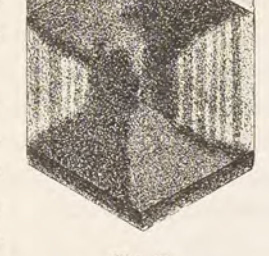


Fig. 25.
Section b^1 de topazolite passant par le centre.

Les sections perpendiculaires à un axe ternaire donnent une division en trois ou six secteurs plus ou moins brouillés, s'éteignant sous des angles variables par rapport à leur ligne de jonction.

M. Mallard a montré que tous ces phénomènes pouvaient s'expliquer en supposant que le dodécaèdre de la topazolite est constitué par le groupement de quarante-huit pyramides ayant pour base les quarante-huit faces d'un hexoctaèdre qui forme de petites pyramides très surbaissées à la surface des faces b^1 de ce grenat.

Type aplome. Il existe des grenats présentant une structure zonaire très curieuse ; il est possible d'en séparer mécaniquement les couches successives. L'examen microscopique montre souvent des alternances de zones biréfringentes et de zones monoréfringentes. D'autre part, il n'est pas rare d'observer des phénomènes biréfringents se rapportant à des types différents au centre et à la périphérie (type topazolite ou pyrénéite, souvent fortement enchevêtrés).

Je ne range pas dans ce type le cristal du grenat de Pouzac cité plus haut, car il ne présente pas d'alternances de zones monoréfringentes et biréfringentes, mais seulement un emboîtement de deux individus biréfringents du même type.

En résumé, on voit que les types pyrénéite ou topazolite présentent entre eux une assez grande analogie ; les grenats de Framont, de Senet, etc., établissant en quelque sorte un terme de passage entre les deux, viennent apporter un argument de plus en faveur de la théorie de M. Mallard.

Il semble que tous ces grenats constituent une famille dont les réseaux élémentaires, monocliniques ou tricliniques, présentent d'un type à l'autre des variations analogues à celles des divers feldspaths tricliniques.

Des analyses, effectuées sur des échantillons dont les constantes optiques auront été déterminées avec soin, permettront peut-être d'établir quelques relations intéressantes entre la composition chimique et les variations dans les propriétés optiques.

M. Klein a décrit deux autres modes de groupement que je n'ai pas rencontrés dans les gisements français et que par suite je ne cite ici que pour mémoire. Ce sont ceux qu'il a appelés *type octaédrique* et *type icositétraédrique*.

Type octaédrique. Dans ce type observé dans les cristaux de grenats octaédriques de l'île d'Elbe, le grenat est constitué par huit pyramides uniaxes ayant leur sommet au centre du cristal et leur base parallèle aux faces a^1 (111). Leur axe optique unique est *négatif* et perpendiculaire aux faces a^1 (111).

Type icositétraédrique. Ce type est réalisé par les grenats a^2 (211) de Wilui ; les cristaux sont formés par vingt-quatre pyramides rhombiques ayant pour base les faces a^2. La bissectrice aiguë *positive* est perpendiculaire aux faces a^2 (211) et le plan des axes optiques perpendiculaire à la diagonale symétrique de cette face.

Diagnostic. Les formes des grenats sont suffisamment caractéristiques pour les faire reconnaître rapidement.

Il est souvent plus difficile au premier abord de distinguer entre eux les divers types de ce groupe, la couleur (sauf pour l'ouwarowite) n'étant pas suffisante. La densité jointe aux caractères pyrognostiques peut en général conduire à un rapide diagnostic.

	Densité.	Caractères au chalumeau.
Grossulaire...	3.4 à 3.6.	Très facilement fusible en verre de couleur claire non magnétique.
Ouwarowite..	3.4	Infusible (avec borax, réaction du chrome).
Pyrope.......	3.69 à 3.78	Difficilement fusible en perle noire, non magnétique (souvent avec borax, réaction du chrome).
Mélanite......	3.8 à 4.1.	Fusible en globule noir plus ou moins magnétique.

	Densité.	Caractères au chalumeau.
Almandin.....	4.1 à 4.3.	Fusible en globule foncé ou noir plus ou moins magnétique.
Spessartine...	3.7 à 4.27.	Assez facilement fusible en globule noir non magnétique (avec borax au feu oxydant, réaction du manganèse).

Je rappellerai en outre que le grossulaire, l'ouwarowite et le mélanite seuls présentent des propriétés optiques distinctes.

En lames minces, les grenats sont remarquables par leur indice de réfraction très élevé, donnant naissance à un relief très prononcé, accompagné souvent d'un aspect chagriné, dû aux réflexions totales sur les inégalités des surfaces imparfaitement polies. Dans les variétés biréfringentes, les contours globulaires des cristaux et les formes des secteurs intérieurs sont très caractéristiques.

GROSSULAIRE [1]

$Ca^3Al^2Si^3O^{12}$

Formes observées. b^1 (110), a^2 (211), $s = (b^1\ b^{1/2}\ b^{1/3})$ (321).

$a^2b^1 = 125°\ 16'$ (sur a1) $\qquad s\ a^2 = 169°\ 6'$ (adj.)

Faciès des cristaux. Les faces b^1 (110) et plus souvent les faces a^2 (211) et *s* sont striées parallèlement à leurs intersections mutuelles.

Dureté. 6.5 à 7.

Densité. 3.4 à 3.6. 3,54 (pyrénéite). Le grenat de Pouzac, intermédiaire entre le grossulaire et le mélanite, possède une densité de 3.71. La densité s'abaisse après fusion.

Colorations. Incolore, blanc ou gris, verdâtre, vert jaune, jaune orange, brun cannelle, rouge ou brunâtre. Poussière blanche. Éclat vitreux.

Propriétés optiques. Quelques variétés sont monoréfringentes ou peu biréfringentes. La pyrénéite présente des phénomènes extrêmement nets, observés pour la première fois par M. des Cloizeaux. Ils ont été décrits par M. Mallard ainsi que je l'ai dit plus haut.

On a vu plus haut les propriétés optiques du grossulaire ferrugineux de Pouzac et de Senet.

1. Voir *Supplément*, t. IV, 723.

J'ai obtenu pour l'indice du grenat monoréfringent de Barbin les valeurs suivantes :

$$n = \begin{cases} \text{jaune} = 1,7474 \\ \text{rouge} = 1,7428 \end{cases}$$

M. Mallard a donné pour l'indice moyen de la pyrénéite :

$$n_m = 1,74$$

Le même savant a mesuré l'écartement des axes de la pyrénéite et trouvé :

$$2\,V = 56^\circ\,30'.$$

Dispersion énergique, $\rho < \nu$.

La biréfringence maximum est dans la pyrénéite (Mallard) :

$$n_g - n_p = 0,02710$$
$$n_g - n_m = 0,00210$$
$$n_m - n_p = 0,00061$$

Composition chimique. Les analyses suivantes ont été faites sur des grenats pyrénéens toujours plus ou moins ferrugineux.

a) Grenat du pic d'Espade (*type pyrénéite*) (Lx.).

b) Grenat de la Piquette déras lids (*type pyrénéite*) par Vauquelin (*J. M.* floréal. an VI. n° XLIV. 571).

c) Grenat du pic de Péguères (*type Arbizon*) (Lx.).

d) Grossulaire (passage au mélanite) de la syénite néphélinique de Pouzac (Lx.).

	a)	*b*)		*c*)	*d*)
SiO^2.....	38,96	43		39,91	39,05
Al^2O^3....	18,31	16		21,15	16,41
Fe^2O^3...	4,07	16	(FeO)	3,58	9,23
CaO.....	37,68	20		35,57	35,30
MgO....	0,99	4	(Perte au feu)	»	»
	100,01	99		100,21	99,99

Dans un grand nombre de gisements, on trouve des passages entre le grossulaire et le mélanite. Cela a lieu tout particulièrement dans les calcaires modifiés par le granite.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fond facilement en un verre grisâtre, verdâtre ou noirâtre, non magnétique. Lentement attaquable par l'acide chlorhydrique ; après calcination et surtout fusion fait gelée dans les acides.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le grossulaire se rencontre en France dans trois gisements différents :

1° Dans les calcaires modifiés par le granite et plus rarement par des roches basiques.

2° Dans les granulites, dans les filons de quartz en relation avec elles et dans les roches sédimentaires modifiées par les granulites.

3° Dans les syénites néphéliniques.

1° *Dans les calcaires modifiés par le granite.*

Les gisements de cette nature se rencontrent dans les Pyrénées. Le grossulaire très peu ferrifère est rare dans la plupart des gisements; le grenat le plus abondant est intermédiaire entre le grossulaire et le mélanite : la quantité de fer y est très variable dans les échantillons des divers gisements.

J'ai rattaché au mélanite les grenats que l'on trouve dans les mêmes conditions en Normandie et dans le Plateau central. Des analyses seraient nécessaires dans chaque cas particulier pour savoir si les échantillons doivent être rapportés au type grossulaire plutôt qu'au mélanite. En l'absence de cristaux nets, je n'ai pas cru devoir entreprendre ce travail et je me suis guidé sur les caractères pyrognostiques pour établir mes divisions.

Les grenats des calcaires de ce genre de gisement sont très souvent accompagnés d'idocrase, de pyroxène et quelquefois d'épidote.

Pyrénées. — En décrivant l'idocrase des Pyrénées, j'ai fait remarquer que, d'une extrémité à l'autre de la chaîne, on trouvait ce minéral accompagné de grenat, dans les calcaires précambriens et paléozoïques, modifiés par le granite.

J'ai cherché à déterminer exactement la nature des gisements connus et à les relier à ceux que j'ai moi-même découverts.

Dans les Pyrénées, les grenats appartenant à ce genre de gisement peuvent être rapportés à deux types. Tous se présentent en rhombododécaèdres b^1, mais les uns (*type pyrénéite*) ne dépassent guère quelques millimètres, tandis que les autres (*type Arbizon*) peuvent atteindre 2^{cm} de diamètre.

Les premiers sont généralement disséminés dans des calcaires noirs, alternant avec des lits siliceux ou silicatés au contact desquels on rencontre parfois de l'idocrase qui n'est jamais mélangée avec les grenats. Les grenats pyrénéites, parfois incolores ou jaunes, sont le plus souvent colorés en noir par de la matière charbonneuse.

Les grenats du second type au contraire se rencontrent dans des calcaires blancs ou grisâtres ; ils sont jaune brunâtre et le plus souvent intimement associés à des cristaux d'idocrase.

En explorant le massif du pic d'Arbizon, j'ai pu m'assurer que ces deux variétés de grenat se rencontraient dans le même gisement, mais à des distances différentes du granite.

En effet, *au contact immédiat* du calcaire et du granite, les calcaires sont transformés en une roche massive, constituée presque exclusivement par du grenat et de l'idocrase sans formes distinctes. C'est dans les parties où il subsiste encore du calcaire que l'on rencontre les cristaux nets de ces deux substances (grenat, *type Arbizon*).

Quand on s'éloigne du contact, les calcaires deviennent moins cristallins, ils conservent leur pigment charbonneux et c'est alors que l'on y trouve le grenat du *type pyrénéite*, formant parfois aussi des bancs massifs.

Ces deux formes de grenat ne se présentent pas du reste toujours dans le même gisement. C'est le type pyrénéite qui est le moins fréquent.

Les cristaux isolés dans le calcaire ont toujours la forme b^1, ceux qui tapissent les cavités des bancs ont généralement la forme $b^1\ a^2$.

Type pyrénéite.

Ce type est particulier aux *Hautes-Pyrénées*. Le premier gisement a été découvert par Ramond à la Piquette déras lids, au sud de Barèges (*J. M.* floréal. an VI. n° XLIV. 565 et *Voyage au mont-Perdu*, Paris. 36 et 306). Cet auteur signalait dans le calcaire, non loin du granite, de petits rhombododécaèdres de grenat rouge[1] et par place des cristaux très nets noirs ou blancs du même minéral.

Les cristaux noirs furent analysés par Vauquelin (*J. M. id.* 671) et

1. Ramond ne précise pas les relations respectives de gisement de ses grenats rouges et de ses grenats noirs. D'après les échantillons que j'ai recueillis dans ce gisement, il me semble certain que les grenats rouges sont à rapporter au *type Arbizon*. A la Piquette, au mont Caubère et à Campana, on trouve en effet des cristaux de ce type plus rouges et plus petits que ceux de Péguères et de l'Arbizon : ils se rapprochent, comme taille, de la pyrénéite avec laquelle ils ne doivent pas être confondus d'ailleurs.

Ramond donna pour leur densité le nombre 2.5 beaucoup trop faible pour un grenat, aussi Werner considéra-t-il cette substance comme un minéral spécial qu'il nomma pyrénéite (dans sa dernière année de cours 1811-1812, in Hoffman. *Minéralog*. II. 371. 1812). Sur la foi de l'analyse de Vauquelin, cette substance a été considérée comme une variété de mélanite jusqu'à ce que M. Mallard, à la suite de l'étude optique exposée plus haut, ait montré par des essais qualitatifs que ce grenat était un grossulaire. L'analyse que j'ai donnée page 218 tranche définitivement la question.

Vauquelin est tellement catégorique dans les détails de son analyse qu'il me semble évident que le minéral étudié par lui était bien un grenat ferrugineux. Au cours de l'impression de cet ouvrage, j'ai recueilli et examiné qualitativement un grand nombre de grenats de cette région et j'ai pu m'assurer qu'ils oscillent entre un type peu ferrugineux qui constitue les cristaux étudiés par M. Mallard et par moi-même et des grenats assez riches en fer comme quelques-uns de ceux de l'Arbizon. Il n'y a rien d'impossible à ce que Vauquelin ait analysé un de ces derniers. L'erreur de densité commise par Ramond est du reste évidente.

Localement, le grenat compact forme à lui seul de minces bancs dont les fissures sont parfois tapissées de petits cristaux blancs ou jaune pâle, transparents, du même minéral ; ils ont alors la forme b^1 a^2.

Les grenats du type pyrénéite ne dépassent guère 3^{mm} de diamètre ; ils se rencontrent particulièrement aux environs de Barèges, à la lisière du massif de Néouvielle dans les conditions énoncées plus haut. En voici du reste les principaux gisements en outre de la Piquette déras lids,

Charpentier (*op. cit.* 271) dit en avoir recueilli de beaux échantillons dans un couloir descendant de la Piquette déras lids[1] dans la gorge

1. L'orthographe et même les noms des montagnes de la vallée du Bastan ont beaucoup varié depuis un siècle et il est parfois difficile de retrouver la position exacte des gisements décrits par les anciens auteurs (Picot de Lapeyrouse, Pasumot, Ramond, Charpentier). J'ai adopté l'orthographe Piquette déras lids comme la plus conforme à l'étymologie (petit pic des avalanches) ; *déras* étant l'article dans la langue du pays, l'orthographe d'Eres n'est pas correcte ainsi que me l'a fait remarquer M. Frossard. On trouve ce pic orthographié Drelitz, Dretlis, d'Eslitz, d'Eredlitz, d'Eres-Lids, de Lydts, de Lienz, etc.

D'après la carte donnée par Pasumot, le pic de Caubère (qu'il appelle Cobero) serait le point 2491, dominant, à l'est, l'entrée du ravin d'Escoubous et faisant face à la Piquette déras lids.

Charpentier signale de beaux cristaux de pyrénéite au-dessus du Tourmalet, c'est probablement du pic d'Espade dont il s'agit. Quant au pic d'Ise ou d'Azé, cité par le même auteur, je n'ai pu trouver sa position ; peut-être est-ce le pic d'Ayré qui domine à l'ouest le ravin de Glaire (ou de Lienz).

d'Escoubous, au pic d'Espade (dans calcaire sableux), au Mont-Caubère.

J'ai cité plus haut le gisement du pic d'Arbizon. J'y ai trouvé, en outre, de jolis cristaux (b^1 a^2) de grenat jaune de miel au contact des calcaires modifiés, à grenat du type Arbizon, et des filonnets d'axinite qui les traversent à proximité du granite : ils présentent des phénomènes biréfringents du type pyrénéite.

M. Gourdon m'a signalé la pyrénéite au lac de Bordère.

D'après M. Frossard (*Bull. Soc. Ramond.* XXVII. 1892), ce minéral existerait aussi dans le massif du pic du Midi, ainsi qu'au pic de Péguères à Cauterets.

M. des Cloizeaux m'a remis des échantillons de pyrolusite terreuse qu'il a recueillis dans les mines de manganèse d'Adervieille (vallée de Louron). Ils accompagnent la diallogite, la rhodonite et la friedélite. En les traitant par l'acide chlorhydrique, j'ai pu isoler de très jolis petits grenats (b^1) transparents, incolores ou blanc grisâtre qui semblent être identiques à la pyrénéite. Il est probable qu'ils ont une semblable origine et qu'ils sont antérieurs aux actions hydrothermales qui ont donné naissance aux minéraux manganésifères imprégnant toutes les roches de ce gisement.

Type Arbizon.

Les grenats de ce type sont beaucoup plus répandus que les précédents ; ils se rencontrent sur toute l'étendue de la chaîne des Pyrénées ; leurs propriétés optiques sont généralement peu nettes.

Basses-Pyrénées. Aux environs des mines d'Anglas et d'Ar, au-dessus des Eaux-Bonnes, j'ai rencontré ce minéral en cristaux très déformés dans des calcaires dévoniens.

Hautes-Pyrénées. J'ai signalé déjà, à l'occasion de l'idocrase, le gisement du Pic de Peguères à Cauterets ; les grenats atteignant 1^{cm} de diamètre y sont très beaux, mais beaucoup moins abondants que dans les gisements qui seront cités plus loin. Ils sont remarquables par leur association intime avec l'idocrase. La fig. 3 de la page 163 représente un échantillon de ce gisement.

Lorsqu'on brise ces grenats, on constate une cassure régulière en escaliers dont M. E. Bertrand a donné l'explication (*B. S. M.* IV. 14. 1882) ; il a pu en effet diviser ces grenats en quarante-huit pyramides ayant leur sommet au centre du cristal. Les surfaces en escalier signa-

lées plus haut seraient, d'après ce savant, les surfaces de jonction de ces pyramides.

Il y a lieu de faire remarquer que ces grenats présentent des phénomènes biréfringents difficiles à interpréter à cause de leur peu de netteté.

M. Frossard a plusieurs fois appelé l'attention sur ce gisement (*B. S. Ramond*. 1868. 129 et *B. Soc. Borda*. 1884. 301).

Sur toute la lisière du massif granitique du Néouvielle, les grenats de ce type se rencontrent partout où le granite touche le calcaire. On les trouve notamment à la Piquette déras lids, au Mont-Caubère, à la montagne de Campana, au pic d'Espade. Les cristaux sont petits et d'un rouge foncé ; il est facile d'en recueillir des blocs dans tous les ravins descendant du sud dans la vallée de Bastan (environs de Barèges). Ce sont là sans doute les grenats rouges cités par Ramond et analysés par Vauquelin.

J'ai déjà signalé plus haut à ce sujet le pic d'Arbizon (cirque d'Arec) : c'est en effet le point où l'on peut le plus facilement toucher ce contact et recueillir en abondance de beaux échantillons de grenat dont les dimensions varient de 1^{cm} à $0^{cm}25$ de diamètre. Dans quelques blocs, les grenats en cristaux parfaitement nets sont pressés les uns contre les autres, réunis par une très petite quantité de calcaire. Sur les surfaces exposées à l'air, les grenats sont en partie dégagés et prennent par oxydation une teinte plus foncée. On peut alors constater que la périphérie des cristaux est creusée de cavités originellement remplies par de la calcite.

Haute-Garonne. Charpentier (*op. cit.* 145) signale à peu de distance du Port-d'Oo des calcaires grenus, grisâtres, avec couches de grenat et d'épidote. M. Gourdon a rapporté des échantillons analogues de la haute vallée de Louron. Sur le versant espagnol, au pic du Ceil de la Baque, dans le massif des Posets (montagne de Sahun) et à la Pique Fourcanade [Aragon], le même savant a trouvé des grenats associés à de l'idocrase dans des calcaires tout à fait identiques à ceux du pic de Péguères.

C'est aussi au même genre de gisement qu'il y a lieu de rapporter les beaux dodécaèdres de grenat jaune brunâtre de la montagne de Senet [Catalogne] dont j'ai décrit plus haut les propriétés optiques. Ils ont été trouvés par M. Gourdon avec de l'idocrase et de l'épidote.

Ariège. M. Caralp m'a signalé l'existence du grenat et de l'idocrase

du type Arbizon dans les calcaires paléozoïques (siluriens) des environs du lac de Bethmale, dans le massif du Mont-Vallier.

J'ai rencontré les mêmes minéraux au fond de la vallée d'Aulus, à la mine des Argentières et au port de Saleix (sur les versants E. et O.). Dans ces derniers gisements, le grenat seul forme parfois des bancs de plusieurs décimètres d'épaisseur. Les cristaux nets sont accompagnés d'idocrase, wollastonite, épidote, etc. Quant aux schistes intercalés dans ces calcaires (dévoniens), ils sont transformés en schistes micacés à andalousite (*type Huelgoat*).

Le granite du massif de Quérigut se trouve en contact avec des calcaires anciens, sur lesquels M. Roussel a appelé mon attention ; je les ai étudiés cette année. Les minéraux développés dans ces conditions sont le grenat, l'idocrase, le pyroxène. Le grenat est surtout abondant, il appartient exclusivement au *type Arbizon*.

Quand on suit le sentier qui descend du port de Paillières vers Mijanès, on voit le granite injecté dans le calcaire (dévonien, d'après M. Roussel). Au roc de l'Encledous, on peut observer une quantité prodigieuse de cristaux de grenats, variant du jaune brunâtre au brun rouge ; leur grosseur moyenne est celle d'une petite noisette, quelques-uns atteignent 3^{cm} de diamètre. Fréquemment, ces cristaux sont aplatis suivant une face b^1 (110) et parfois réduits à un squelette creux hexagonal. Ils sont engagés dans un calcaire cristallin alternant avec des bancs de grenat compact dans les cavités duquel se rencontrent des cristaux nets b^1 a^2(110) (211) ayant leurs faces beaucoup plus nettes que ceux qui se trouvent dans le calcaire et qui ne présentent que la forme b^1. On a vu plus haut que l'idocrase est rare dans ce gisement.

De même que dans les Hautes-Pyrénées, ces calcaires modifiés sont localement parcourus par des filonnets de quartz avec épidote jaune pâle et albite. Ce gisement est remarquable par l'abondance des cristaux de grenat que l'on peut recueillir en place sur une longue distance.

Plus au sud et à la frontière des Pyrénées-Orientales, ce même granite est en contact avec d'autres calcaires (précambriens, d'après M. Roussel) ; il y détermine les mêmes modifications, mais ce sont ici les bancs de grenat massif qui dominent. Les cristaux nets sont beaucoup plus fréquents ; on y rencontre deux variétés, l'une jaune rougeâtre pâle, l'autre brun rouge foncé ; l'idocrase brun rouge est assez abondante, ainsi que le pyroxène en très petits cristaux verts.

Les points qui se recommandent spécialement par l'abondance des

cristaux sont les abrupts du pic de Ginevra qui dominent le ruisseau de Boutadiol (descendant au village d'Artigues), ainsi que les flancs et la base des rocs de Bragues, de l'Embinade, etc.

Dans ces divers endroits, le métamorphisme de la granulite s'est superposé à celui du granite, et les schistes, intercalés avec des calcaires modifiés, sont criblés de cristaux de tourmaline.

Pyrénées-Orientales. Au S.-E. du gisement précédent, un contact du même genre peut s'observer sur la rive gauche de l'Aude, au pont de l'ancienne forge de Puyvalador. Les grenats d'un jaune brun clair, engagés dans le calcaire, ressemblent à ceux de Péguères ; ceux des bancs massifs au contraire ont une couleur plus foncée que ceux des autres gisements de la région.

M. Roussel m'a remis des échantillons analogues d'un autre gisement situé à l'est de Puyvalador, au pic de Madrès, que je n'ai pas visité moi-même.

C'est encore au même genre de gisement qu'il y a certainement lieu de rapporter les grenats signalés par Boubée dans des calcaires aux environs de Py, à gauche du chemin de ce village au Vernet.

2° *Dans les granulites, les filons de quartz et les roches granulitisées.*

Dans ce genre de gisement, le grossulaire est toujours de couleur claire, souvent transparent ; les cristaux sont généralement nets.

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. M. Baret a recueilli de très jolis grenats grossulaires d'un blanc un peu verdâtre dans une fissure du gneiss pyroxénique à dipyre de la carrière de l'Etang, près Saint-Nazaire. Ces cristaux, extrêmement brillants, sont souvent enchevêtrés ; ils portent sur les faces b^1 (110) des stries parallèles à leur petite diagonale. Les propriétés optiques sont du *type pyrénéite*.

Aux environs immédiats de Nantes, à Barbin et au Pont du Cens, M. Baret a trouvé de beaux échantillons de grenat grossulaire, associé à l'idocrase qui a été signalée page 167.

Ces cristaux se trouvent dans des veines quartzeuses des micaschistes granulitisés. Ils présentent de nombreuses variétés de couleur : incolore, jaune, rose de diverses nuances, brunâtre. Leur examen au microscope me fait penser que beaucoup d'entre eux ont dû être originaire-

ment incolores et transparents ; leur couleur actuelle est produite par des infiltrations de produits ferrugineux à travers les nombreuses cassures qui les sillonnent. Leur forme habituelle est b^1 a^2 (110) (211), avec plus rarement s (321).

Tous ces grenats sont monoréfringents. J'ai pu faire tailler dans un petit cristal, transparent et à peine teinté de jaune, le prisme qui m'a servi à déterminer l'indice de réfraction donné plus haut.

Pyrénées. — La partie supérieure des schistes cristallins des Pyrénées et particulièrement les schistes micacés (généralement précambriens) renferment, en un grand nombre de points, des filons ou lentilles de quartz contenant du grossulaire et souvent aussi de l'idocrase. Quand ces filons sont au contact avec des calcaires, ils y développent ces mêmes minéraux qui sont alors très analogues à ceux des calcaires modifiés par le granite. Plus rarement, le grossulaire se rencontre dans de véritables granulites feldspathiques.

Hautes-Pyrénées. Le grenat grossulaire est très abondant dans les calcaires intercalés dans les schistes à andalousite (précambriens ou paléozoïques) granulitisés du massif du pic de Midi.

A une centaire de mètres avant d'arriver à l'observatoire, j'en ai recueilli de beaux cristaux b^1 a^2 jaunes dans un nodule quartzeux et à son contact avec le calcaire ; ces grenats associés à de l'idocrase étaient adhérents au quartz.

Dans les calcaires des crêtes conduisant du col d'Oncet au col d'Aube et ensuite dans ceux de la Som de la Pène Blanque, jusqu'auprès du lac Bleu, les calcaires traversés par la granulite sont criblés de grenat grossulaire, associé à l'idocrase citée page 167. Les mêmes minéraux forment parfois à eux seuls de grandes masses.

Il est possible de recueillir de bons cristaux dans cette région.

Haute-Garonne. M. Gourdon a trouvé d'énormes cristaux b^1 a^2, brun rouge, associés à de l'idocrase, à Port-Vieux, dans les calcaires précambriens, modifiés par la granulite, ainsi qu'à Beauregard près Luchon et au Bosquet des Bains de cette ville (gros cristaux engagés dans de la malacolite en partie ouralitisés).

Ariège. Le gisement le plus remarquable que j'ai à signaler est celui que j'ai découvert non loin d'Ax. Le tunnel du chemin de fer situé aux environs de Perles (entre les stations de Luzenac et d'Ax) est creusé dans les schistes micacés à andalousite. Il a mis à découvert

des filonnets de quartz dont les débris s'observent dans le talus Est de la voie. Le grenat grossulaire y est abondant, formant parfois des cristaux de 2^{cm} de diamètre. Ils sont d'un beau jaune rougeâtre clair, parfois translucides. Leur forme la plus habituelle est b^1 (110) avec souvent a^2 (211) et s (321), plus rare (fig. 26). Ils ont subi des déformations mécaniques intenses; leurs faces sont fréquemment gondolées et formées par une série de surfaces faisant entre elles de petits angles (fig. 27). Ils sont accompagnés d'épidote peu abondante.

Fig 26.

Aux environs immédiats d'Ax et d'Ascou, j'ai rencontré également le grenat dans les mêmes conditions, mais en moins beaux cristaux. Le même minéral se trouve aussi dans les bancs calcaires modifiés que l'on trouve intercalés dans les schistes micacés à andalousite.

J'ai recueilli de petits grenats arrondis, transparents, jaunes, rappelant l'essonite de Ceylan, dans des filons de pegmatite, presque exclusivement quartzeux, dans les abrupts du Mont-Bédeilla, dominant le ravin de Gnoles, un peu avant le lac Naguille.



Fig. 27.
Grossulaire b^1 (110) a^2 (211) sur quartz du tunnel de Perles montrant les cassures et déformations mécaniques.

Des cristaux rose saumon du même minéral accompagnent la tourmaline (page 91) et le béryl dans les pegmatites de la haute vallée de l'Ariège, au confluent de cette rivière et du petit ruisseau descendant de l'étang de Baxouillade.

Corse. — La collection de l'École des mines renferme avec l'indication « Corse » des cristaux transparents (b^1 a^2) de grossulaire semblables à ceux d'Ala. Le musée de Grenoble possède un mauvais échantillon du même minéral, indiqué comme provenant de Erbalunga. M. A. Locard m'a dit avoir autrefois recueilli des grenats dans cette localité (commune de Brando), située à environ 8 kilomètres au N. de Bastia. Je n'ai pu, malheureusement, recueillir aucun renseignement

sur la nature géologique de leur gisement et je ne les signale ici, en attendant des renseignements plus précis, que par analogie avec les cristaux de nos autres gisements.

3° *Dans la syénite néphélinique.*

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* La syénite néphélinique de Pouzac, près Bagnères-de-Bigorre, est riche en grenat qui en épigénise la néphéline et la sodalite. J'ai fait voir (*B. S. G.* 3e série. XVII. 511. 1890) comment il se glisse dans les fissures et les clivages de ces minéraux, qu'il parvient parfois à remplacer complètement. Dans le haut de la sablière de Pouzac, ce grenat forme avec épidote de petits filonnets dans une variété très feldspathique de la syénite.

Il est jaune, jaune rougeâtre; un même échantillon renferme parfois des parties noires plus riches en fer. L'analyse donnée plus haut représente la composition moyenne du minéral qui constitue un terme de passage entre le grossulaire et le mélanite. Il est probable que la variété noire est constituée par un véritable mélanite.

Certains échantillons possèdent une structure plus ou moins fibreuse. Le minéral est fragile. Les propriétés optiques sont extrêmement nettes; elles appartiennent au type pyrénéite. La fig. 23 représente une section perpendiculaire à un axe quaternaire. On y voit l'aspect chagriné que prend le minéral en lumière polarisée parallèle. Les lames minces montrent que les cristaux sont composés souvent d'enveloppes de composition différente.

OUWAROWITE [1]

$Ca^3Cr^2Si^3O^{12}$

Forme observée. b^1 (110).

Dureté. 7.

Densité. 3.42. 3.43 (Montagne d'Eristé, *Damour*).

Coloration. Vert émeraude (*Nouvelle-Calédonie*). Vert clair (Montagne d'Eristé). Cette couleur persiste même en lames minces.

Propriétés optiques. Nous avons indiqué plus haut quel type de propriétés optiques présente l'ouwarowite; c'est le même que celui de la pyrénéite.

1. Voir *Supplément*, t. IV, 725.

J'ai pu l'observer avec la plus grande netteté dans le grenat de la Nouvelle-Calédonie, ainsi que dans celui des Pyrénées. L'observation est difficile dans ce dernier à cause de son peu de transparence qui ne permet pas d'avoir de bonnes lames minces.

Composition chimique. Le grenat vert de la Nouvelle-Calédonie semble appartenir au type ouwarowite pur. Je n'ai pu malheureusement faire sur lui qu'un petit nombre d'essais qualitatifs. Quant aux cristaux des Pyrénées, l'analyse et les propriétés pyrognostiques montrent qu'ils appartiennent à un type intermédiaire entre l'ouwarowite, l'almandin et le mélanite. L'analyse suivante a été faite par M. Damour (*B. S. M.* II. 165. 1879) Cette composition chimique est très analogue à celle des grenats verts d'Oxford (Canada).

SiO^2......	36,20
Cr^2O^3.....	6,50
Al^2O^3.....	10,20
Fe^2O^3.....	9,60
FeO	8,16
CaO	27,50
MnO......	0,50
	98,66

Essais pyrognostiques. L'ouwarowite typique est infusible au chalumeau ; les cristaux des Pyrénées qui, comme nous venons de le dire, ont une composition intermédiaire entre l'ouwarowite, l'almandin et le mélanite sont difficilement fusibles en un verre noir non magnétique. Avec le sel de phosphore et le borax, ils donnent une perle verte chrome.

Altérations. J'ai observé dans la collection de M. Gourdon de très curieuses pseudomorphoses de ce grenat chromifère des Pyrénées en une chlorite (pennine) chromifère d'un vert très foncé.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Pyrénées [versant espagnol]. — Le grenat chromifère analysé par M. Damour a été découvert par M. Gourdon (*B. S. M.* III. 2. 1880) sur le flanc sud de la Montagne d'Eristé, à environ 1 km de la cabane de Pardina (massif du pic des Posets, à environ 5 km 5 au S. du pic). Ce gise-

ment se trouve à 2 km E. E. N. de celui d'idocrase du col de Boux signalé page 165.

Il se rencontre dans un calcaire au contact du granite. Il y forme des masses vertes, renfermant parfois de petites géodes, tapissées de rhombododécaèdres qu'il est facile de dégager par les acides.

Ce grenat est accompagné de sphène, de pyroxène, de wernérite, etc.

Nouvelle-Calédonie. — M. Garnier a signalé (*A. M.* 1867) l'existence de l'ouwarowite à l'île d'Ouen (côte S. E. de la Nouvelle-Calédonie).

L'échantillon conservé dans la collection de l'École des mines consiste en une roche feldspathique blanche, très tenace, renfermant de petits grains de grenat vert émeraude.

L'examen d'une lame mince d'environ 1 mm m'a fait voir que cette roche est constituée par de l'anorthite ; le grenat vert en lames minces possède les propriétés optiques de l'ouwarowite ; sa biréfringence est plus forte que celle du grenat des Pyrénées.

La roche dont il s'agit est une variété feldspathique de celle que les indigènes de la Nouvelle-Calédonie ont taillée en haches et qui est généralement désignée dans les collections sous le nom impropre de jade. C'est un gneiss à pyroxène ou peut-être un gabbro, rappelant un peu comme composition ceux des Alpes (euphotides) ; il ne présente pas de phénomènes de saussuritisation, mais porte les traces d'actions mécaniques des plus puissantes. Les variétés vertes sont ordinairement riches en pyroxène un peu chromifère.

MÉLANITE [1]

$Ca^3Fe^2Si^3O^{12}$

Formes observées. b^1 (110), a^2 (211).

Dureté. 7. Souvent fragile (Lantigné).

Densité. 3,3 à 3,42.

Coloration. Couleur très variable, jaune, plus au moins verdâtre dans les variétés les plus pures, brun, brun verdâtre, rouge plus ou moins foncé, noir.

1. Voir *Supplément*, t. IV, 725.

Propriétés optiques. La plupart des mélanites présentent des phénomènes de biréfringence tantôt très nets, tantôt peu distincts. Ils se rapportent aux types pyrénéite, aplome ou topazolite qui ont été décrits plus haut.

Composition chimique. L'analyse *a*) due à Ebelmen (*A. M.* 4ᵉ série. VII. 19) représente la composition des cristaux de Lantigné. L'analyse *b*) a été donnée par von Lasaulx (*Et. petr. sur les roches volc. d'Auvergne*, trad. par Gonnard. Clermont, 1875, p. 199) ; elle a été faite sur une matière évidemment impure, provenant des cornes vertes (contact du granite) des environs de Berzet (Puy-de-Dôme) ; elle est suffisante cependant pour donner une idée de la nature du grenat contenu dans ce genre de roches, comme le montre du reste la densité donnée (3.002).

	a)	*b*)
SiO^2.........	36,45	46,72
Al^2O^3........	2,06	8,82
Fe^2O^3........	29,48	18,80
CaO..........	30,76	17,28
MgO.........	0,06	1,21
MnO.........	0,28	4,51
Alcalis.......	»	2,10
Pertes........	0,96	0,73
	100,05	99,57

Altérations. Les grenats des cornes vertes de Cressy-sur-Somme sont parfois transformés en épidote. Le plus souvent, le grenat encore intact est englobé par de l'épidote en grandes plages à orientation homogène.

Le mélanite de Framont est parfois transformé en limonite (Alb. Müller, *Natur. f. Gesell. Basel*. 588. 1857).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Les gisements de mélanite que nous avons à étudier sont au nombre de trois.

1° Dans les calcaires paléozoïques au contact de roches éruptives ;

2° Dans les schistes cristallins et les roches éruptives acides.

Dans ces deux gisements le mélanite est le plus souvent associé à de l'épidote et à des minerais de fer (magnétite).

3° Dans la syénite néphélinique.

1° *Dans les calcaires paléozoïques au contact de roches éruptives:*

Je range dans cette catégorie les grenats formés au contact du granite ou de roches plus ou moins basiques (diabases, kersantites, porphyrites). Dans beaucoup de cas, les grenats ainsi produits possèdent une composition intermédiaire entre celle du mélanite typique et du grossulaire ; ce sont ceux auxquels j'ai fait allusion en décrivant ce dernier grenat. Tous possèdent généralement des anomalies optiques.

Normandie. — *Manche*. MM. Fouqué et Michel Lévy ont rapporté d'une course commune, qu'ils ont faite dans les environs des mines de fer de Dielette, des échantillons de calcaires dévoniens, modifiés par le granite. Ils renferment du grenat brun à éclat résineux formant des masses parfois très considérables ; les cristaux nets sont rares ; ils se présentent alors sous la forme de rhombododécaèdres.

Ce grenat se trouve, soit dans les calcaires eux-mêmes, soit dans des roches métamorphiques très denses, compactes, constituées par un mélange grenu de pyroxène et de quartz ; elles sont analogues aux roches de contact désignées par Fournet sous le nom de cornes et étudiées par M. Michel Lévy dans le Beaujolais. Elles seront décrites à l'article pyroxène.

Le gisement de magnétite de Dielette est, comme ces roches, en relation avec la venue granitique.

M. Michel Lévy m'a signalé dans ces grenats des anomalies optiques du type aplome. J'ai fait tailler de petits cristaux nets, rougeâtres, plus ferrugineux que les précédents et rappelant ceux de Campana décrits page 223; ils ne m'ont montré que des phénomènes de biréfringence très vagues.

Ces grenats fondent au chalumeau en un verre noirâtre non magnétique.

M. A. Richard m'a montré un échantillon qu'il a recueilli dans ce gisement et qui présente dans une fente de petits cristaux brun noir b^1 a^2 du même minéral.

Pyrénées. — J'ai dit page 219 que quelques-uns des grenats de contact du granite et des calcaires paléozoïques des Pyrénées (*Hautes-Pyrénées*) semblent constituer des termes de passage entre le mélanite et le grossulaire ; je ne les cite ici que pour mémoire.

La collection du Muséum renferme de gros dodécaèdres brisés d'un mélanite brunâtre (à anomalies optiques du type pyrénéite) étiquetés

comme provenant de Costabenne (Pyrénées-Orientales). Ils semblent provenir d'un gisement analogue.

Plateau central. — M. Michel Lévy a décrit (*B. S. G.* 3[e] sér. XI. 299. 1883) les roches de contact du granite et des diabases d'un assez grand nombre de points des départements du *Rhône*, du *Puy-de-Dôme* et de *Saône-et-Loire*. Ces roches (cornes vertes) formées en grande partie de pyroxène, amphibole, quartz, etc., contiennent souvent du grenat brun plus ou moins foncé, qui semble appartenir au mélanite.

J'ai cité plus haut une analyse de von Lasaulx, faite sur une matière très impure de Berzet (*Puy-de-Dôme*) ; elle indique cependant, d'une façon suffisante, à quel type doit être rapporté le grenat essayé.

Fournet avait antérieurement signalé le grenat dans ces cornes vertes à Chessy, Brouilly, Montgiron (*Rhône*). M. Michel Lévy m'a indiqué, en outre, Cressy-sur-Somme (*Saône-et-Loire*) où le grenat est en partie transformé en épidote.

Ebelmen a décrit (*A. M.* 4[e] sér. VII. 19) un gisement intéressant de mélanite, à environ 800 mètres N. N. O. de Lantigné près Beaujeu : je l'ai moi-même étudié (*B. S. M.* IV. 84. 1881). D'après M. Michel Lévy (*B. S. G.* 3[e] sér. XI. 293. 1883), il se trouverait au contact du granite et de la diabase.

Le grenat forme la gangue de la magnétite qui a fait en ce point l'objet d'anciennes recherches. Il constitue des masses cristallines, dans lesquelles on trouve des géodes, généralement remplies par de la calcite et tapissées de cristaux atteignant 1[cm] 5. On y trouve les formes suivantes : b^1 a^2 ; a^2 b^1, a^2. Les faces a^2 sont toujours striées parallèlement à leur intersection avec b^1. Ces cristaux varient du gris jaunâtre au jaune clair, au brun et au vert. On y constate de nombreuses déformations mécaniques.

En lames minces, on les voit brisés, traversés par des filonnets de quartz secondaire. Ils sont constitués par des zones monoréfringentes et d'autres biréfringentes (*type aplome*). Une lame taillée parallèlement à b^1 (110) montre des phénomènes de biréfringence, difficiles à interpréter, ces cristaux n'étant malheureusement pas assez transparents pour être taillés en plaques suffisamment épaisses. Ils sont fragiles et se réduisent souvent en poudre par la simple pression du doigt.

Ils sont accompagnés de quartz d'oligiste, d'oxyde de manganèse terreux, qui forment parfois une mince pellicule à leur surface.

Vosges. — *Vosges.* C'est aussi au mélanite qu'il faut rattacher un grenat jaune clair que j'ai trouvé dans l'échantillon d'axinite du petit Donon de Rothau, décrit plus loin. Il est associé, en outre, à de l'actinote et présente des phénomènes de biréfringence énergiques, à rapporter au type de la pyrénéite autant que l'on peut en juger par des coupes faites dans une direction quelconque, les cristaux n'ayant pas de formes géométriques.

[*Alsace*]. D'après le docteur Carrière (*Ann. Soc. d'émul. Vosges, Saint-Dié*), le grenat était abondant à Framont, à la mine jaune et à la mine de la Chapelle. Les cristaux brun rouge (b^1 a^2) y atteignaient la grosseur d'une noisette. Ils étaient accompagnés d'épidote, de hornblende, de pyrite, de calcite, de magnétite.

M. Vélain, qui a bien voulu m'en donner des échantillons, les considère comme un minéral de contact de porphyrites sur des lambeaux calcaires paléozoïques. Les échantillons que j'ai examinés sont constitués par un agrégat de cristaux associés à du pyroxène et à de la calcite. Par l'action d'un acide, on peut mettre à nu des géodes dans lesquelles les cristaux sont accompagnés de quartz et d'épidote.

Un échantillon que j'ai acheté à la vente de la collection de Delesse m'a fourni de beaux cristaux présentant les phénomènes biréfringents très nets que j'ai décrits plus haut et qui se rapportent au type pyrénéite. Ces cristaux brun rouge ou brun jaunâtre ont un centimètre de diamètre.

2° *Dans les schistes cristallins et les roches éruptives acides.*

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* M. Baret m'a remis un échantillon de granulite des gneiss des environs de Crossay, renfermant des grains de grenat mélanite brun noir à éclat résineux, atteignant 1 centimètre de diamètre. Ils ont une forme arrondie et englobent tous les autres éléments de la roche (oligoclase, quartz). Ce grenat est brun jaune, en lames minces et ne présente pas d'anomalies optiques. Il fond en un globule noir magnétique.

Pyrénées. — *Ariège.* J'ai trouvé de jolis cristaux de grenat sur la rive droite du ruisseau d'Arnave, à peu de distance en amont du village. Des recherches ont été faites en ce point, sur un amas de magnétite, qui se trouve intercalé dans les gneiss du massif du Saint-Barthélemy.

La magnétite est accompagnée d'epidote, de grenat, de quartz, etc. Le grenat est brun noirâtre ; de nombreuses cavités sont tapissées par des cristaux a^2 (211) rougeâtre clair.

Dans un échantillon, j'ai recueilli de jolis cristaux noirs b^1 a^2 reposant sur de l'épidote.

Ces cristaux peu transparents en lames minces présentent des anomalies optiques très complexes semblant se rapporter au type de l'aplome.

Esterel. — *Var*. M. des Cloizeaux a signalé (*op. cit.* 274) du grenat mélanite brun rouge foncé à Collobrières dans les lentilles de magnétite des micaschistes et amphibolites dont il a été question plus haut.

3° *Dans la syénite néphélinique.*

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. On a vu page 228 que la syénite néphélinique de Pouzac renfermait fréquemment du grenat grossulaire ferrugineux passant au mélanite. M. Frossard m'a remis de petits dodécaèdres noirs associés au grenat jaune.

L'examen optique montre qu'ils sont constitués par un centre très foncé formé par du mélanite et une enveloppe plus claire, moins ferrugineuse. Leurs propriétés optiques ont été données p. 213.

PYROPE

$$Mg^3\ Al^2\ Si^3\ O^{12}$$

Les grenats magnésiens que j'ai eu l'occasion d'étudier sont engagés dans des péridotites ou des serpentines et n'ont pas de formes géométriques.

Dureté. 7 (et au-dessus).

Densité. 3.4 à 3.78. 3.643 (Moncaup).

Coloration. Rouge de diverses nuances, rarement noir. Le pyrope des Pyrénées est rouge jaunâtre clair. Poussière blanche.

Éclat vitreux, un peu résineux dans la cassure,

Propriétés optiques. Le pyrope est monoréfringent.

Composition chimique. Le pyrope ne possède généralement pas la composition théorique, représentée par la formule donnée plus haut ; il renferme toujours une quantité plus ou moins grande d'oxyde de fer et de chaux.

Analyses :

a) du grenat de la lherzolite de Moncaup (Lx).

b) du pyrope altéré de Narouel (par Delesse, *A. M.* 4e sér. XVIII. 309. 1850).

c) de la kelyphite (voir *Altérations*) de Pétempré, par M. Schrauf (*Z. K.* VI. 364).

d) de la chlorite, épigénisant le pyrope du col de Pertuis, par Delesse (*op. cit.*).

	a)	b)	c)	d)
SiO^2	43,96	41,56	39,70	33,23
Al^2O^3	27,77	19,84	17,85	14,78
Cr^2O^3	»	0.35	1,19	1,49
Fe^2O^3	»	10,17	10,15	6,28
FeO	8,33	»	»	»
MnO	»	traces	0,69	1,39
MgO	14,23	22,00	22,91	30,76
CaO	5,48	4,25	4,57	1,86
Pertes	»	1,58	2,99	10,21
	99,87	99,75	100,05	100,00

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fond difficilement en une perle noire non magnétique. Donne généralement les réactions du chrome.

Altérations. M. Schrauf a donné le nom de *kelyphite* à la croûte verte fibreuse que l'on observe souvent autour des grenats de certaines péridotites et serpentines.

L'examen microscopique montre que cette substance n'est pas un minéral spécial, mais généralement de l'amphibole fibreuse ou un mélange d'amphibole et de feldspath.

J'ai trouvé de beaux exemples de *kelyphite* dans les filonnets pegmatoïdes qui traversent la lherzolite de Prades, de Lherz (*Ariège*), de Moncaup (*Haute-Garonne*).

A Lherz, on voit le grenat fissuré, corrodé et en quelque sorte noyé dans des plages d'un feldspath triclinique basique rempli de petites aiguilles (rectilignes ou creusées de cavités) d'amphibole d'un vert très pâle. Ces cristaux d'amphibole sont généralement disposés normalement à la surface du grenat ; ils deviennent parfois extrêmement nombreux, s'enchevêtrent et donnent naissance à de véritables fibres entrelacées. Quand le grenat est entouré par du pyroxène, il arrive souvent que l'amphibole en contact avec ce minéral s'oriente cristallographi-

quement sur lui. Dans quelques échantillons, le grenat est intimement associé à du spinelle vert qui semble en partie ancien, en partie récent.

A Prades, l'amphibole est généralement disséminée dans une matière colloïde verdâtre.

Des phénomènes du même genre s'observent autour du grenat des lherzolites de Montcaup dont l'analyse a été donnée plus haut : la croûte périphérique est souvent visible à l'œil nu. Les cristaux d'amphibole y sont plus grands que dans les gisements ariégeois (fig. 28). Les péridotites serpentinisées des Vosges présentent aussi très fréquemment des phénomènes de kelyphite qui ont été étudiés par Delesse et par M. Schrauf.

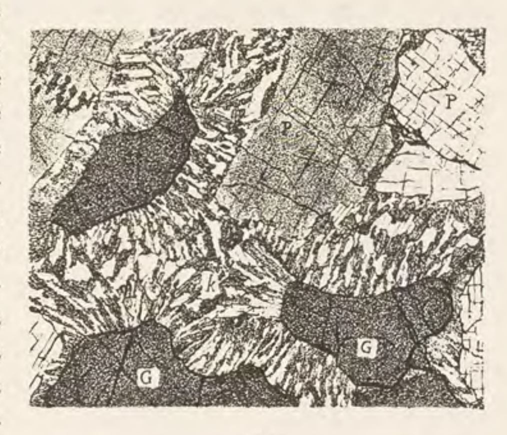


Fig. 28.
Grenat pyrope (*G*) entouré d'une auréole (*k*) d'amphibole et de feldspath. Ce grenat est englobé dans du pyroxène (*p*). — (Lherzolite de Moncaup).

J'ai pu en étudier une belle série recueillie par Delesse et par M. Vélain. Dans beaucoup de cas, la couronne de kelyphite est uniquemeut formée d'amphibole en fibres entrelacées, extrêmement fines ; souvent même il ne reste plus trace du minéral primitif (fig. 29).

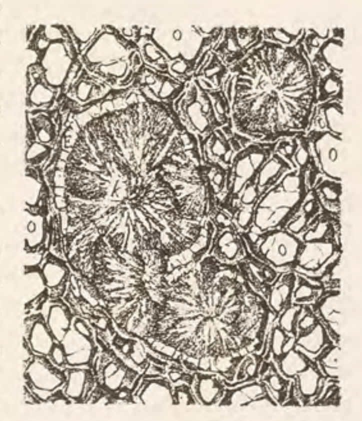


Fig. 29.
Grenat transformé en amphibole fibreuse (kelyphite) dans péridotite en voie de serpentinisation (Sainte - Sabine, Vosges).

Dans d'autres cas, la transformation est plus complexe. On trouve dans la serpentine de petits globules rosés que l'on peut prendre au premier abord pour du grenat frais, mais qui, examinés au microscope, ne montrent que peu ou pas du tout de ce minéral. Celui-ci est transformé en partie en amphibole fibreuse et en partie en un mélange d'enstatite, de spinelle brunâtre et d'amphibole jaune pâle ou incolore, accompagnés souvent d'un peu de

biotite et de pyroxène. La fig. 30 représente un de ces grains de grenat transformé. Il existe de très nombreuses variations dans leur structure et leur composition minéralogique, les divers minéraux qui viennent d'être énumérés existant tantôt séparément, tantôt associés.



Fig. 30.
Grenat transformé en un mélange d'enstatite (*E*) et de spinelle (*I*). En bas, il reste un petit fragment de grenat présentant la transformation en kelyphite (*K*). (Lame mince d'une péridotite recueillie entre la vallée de Granges et Pétempré, Vosges.)

En présence de ces faits, les analyses de Delesse citées plus haut ne doivent être considérées que comme représentant la composition chimique du mélange des minéraux qui viennent d'être énumérés. Elles expliquent la cause de la densité et de la dureté trop faibles, signalées par cet auteur.

Delesse a décrit au col de Pertuis près Liesey des pseudomorphoses de pyrope en chlorite. Elles se produisent sans doute suivant le mode décrit à l'occasion de l'almandin; je n'ai pas eu l'occasion de les observer moi-même. (Analyse *d.*)

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le pyrope est le grenat que l'on rencontre dans les péridotites et dans les serpentines qui en dérivent.

Pyrénées[1]. — *Haute-Garonne.* La lherzolite serpentinisée de Montcaup et d'Arguénos renferme des accidents minéralogiques, constitués par du diallage et de gros grain du grenat rouge jaunâtre clair dont j'ai donné l'analyse plus haut.

Les grains de grenat peuvent atteindre 1^{cm} de diamètre; ils sont généralement très brillants, entourés d'une auréole nette de kelyphite toujours très mince, mais cependant visible à l'œil nu.

Ariège. J'ai rencontré le grenat, très abondant en petits grains rougeâtres, de quelques millimètres de diamètre, dans les filonnets pegmatoïdes perçant la lherzolite de Prades et plus rarement celle de l'étang de Lherz. Les transformations en kelyphite sont généralement peu développées, mais existent toujours; tantôt il y a beaucoup de feld-

1. Voir *Supplément*, t. IV, 726.

spath récent (Lherz) et tantôt il n'y en a pas (Prades). A l'étang de Lherz, le grenat forme des grains irréguliers, moulant tous les autres éléments de la roche.

Vosges. — *Vosges.* Les péridotites (lherzolites et surtout dunites), plus ou moins serpentinisées, des Vosges, renferment en assez grande quantité des grenats atteignant 2^{cm} de diamètre. Ils sont très rarement intacts et généralement transformés, soit en amphibole fibreuse, soit en un mélange d'amphibole, de spinelle brun, d'enstatite et des divers minéraux énumérés plus haut à l'article « *Altérations* ».

Delesse a décrit (*op. cit.*) ces grenats et leurs pseudomorphoses, sans toutefois déterminer la nature des minéraux récents, sauf dans le cas de la serpentine du col de Pertuis où il a analysé des pseudomorphoses chloriteuses.

Il a cité les gisements suivants comme très grenatifères : Sainte-Sabine, Charme, La Mousse, Le Goujot, Eloyes, Liesey, Narouel, Naymont, les Arrentées-de-Corcieux, Champdray, Hazintrey, Tholy, Jussarupt, Houx, les Xettes.

Plus tard, M. Schrauf a analysé un grenat de Pétrempé entièrement transformé en kelyphite (*Z. K.* VI. 363) et von Lasaulx a étudié des transformations du même genre dans la serpentine du col de Pertuis (*Niederrh. Gesell. Bonn.* 1882. 114).

Les échantillons que j'ai eu l'occasion d'étudier sont presque entièrement transformés. Ils proviennent en partie de la collection même de Delesse. Les fig. 29 et 30 représentent les pseudomorphoses de ces grenats, recueillis par Delesse, l'un à Sainte-Sabine, l'autre entre de Granges et Pétrempré (lieu dit de la commune de Granges, situé sur la route de Gérardmer).

ALMANDIN [1]

$Fe^3\ Al^2\ Si^3\ O^{12}$

Formes observées. b^1 (110), a^2 (211).

Faciès des cristaux. Les faces b^1 et a^2 sont parfois striées parallèlement à leurs intersections mutuelles.

Clivages. Le clivage b^1 (110) est généralement peu net et toujours

1. Voir *Supplément*, t. IV, 726.

interrompu : quelques variétés présentent trois clivages rectangulaires suivant *p* (100).

Coloration. Rouge de diverses nuances, variant depuis le rouge noir jusqu'au rouge violacé; les cristaux, toujours transparents en lames minces (et alors à peine teintés en rose) sont parfois transparents sous une épaisseur de plusieurs millimètres. Poussière blanche.

Éclat vitreux.

Propriétés optiques. Tous les almandins que j'ai examinés sont monoréfringents. J'ai mesuré les indices de réfraction suivants sur un prisme taillé dans un cristal transparent de Barbin.

$$n \begin{cases} Na & 1,8122 \\ Li & 1,8051 \end{cases}$$

Composition chimique.

Analyse :

a) de l'almandin de Nouvelle-Calédonie par Lidversidge (*Roy. Soc. N. J. Wales.* 1[er] sept. 1880).

b) de l'almandin de Saint-Philippe (Sainte-Marie-aux-Mines), par le D[r] Carrière (*Ann. Soc. d'émul. Vosges.* VIII. 143. 1853).

	a)	*b*)
SiO^2......	38,15	41,00
Al^2O^3... .	22,18	22,15
FeO......	21,26	12,35
MnO......	77, 8	traces
CaO......	5,54	19,58
MgO......	4,78	4,92 (diff.)
Perte au feu.....	0,31	» »
	99,96	100,00

Essais pyrognostiques. Facilement fusible au chalumeau en un globule noirâtre ou noir plus ou moins magnétique. Très difficilement attaquable par les acides ; attaqué par eux (avec gelée) après calcination.

Altérations. J'ai eu l'occasion d'observer deux sortes de modifications du grenat almandin.

1° *Altérations par actions secondaires.* Ces modifications sont de deux espèces; elles consistent dans la transformation progressive du grenat en chlorite ou en épidote.

La transformation en chlorite est la plus fréquente; elle s'observe

dans un très grand nombre de gisements ; les grenats verdissent, leur dureté et leur densité diminuent. Quand on les examine en lames minces, on constate qu'ils sont fissurés dans tous les sens et qu'ils sont, de place en place, remplis par une chlorite verte du groupe de la pennine, très polychroïque et généralement à un axe positif. Assez souvent, le grenat est complètement transformé et il n'est plus possible de le reconnaître que par les formes extérieures des pseudomorphoses.

La transformation en épidote s'opère de la même façon ; je l'ai observée notamment dans les éclogites de Bouvron (Loire-Inférieure) où les grenats sont parfois entièrement remplacés par un agrégat de petits grains d'épidote n'ayant aucune relation optique les uns avec les autres.

2° *Transformation sous l'action des roches volcaniques.* Ces transformations se rencontrent dans les grenats des gneiss ou granulites enclavés par les roches volcaniques basaltiques. Le grenat subit alors une fusion plus ou moins complète, suivie de la recristallisation du verre résultant. Ces recristallisations consistent en spinelle vert et en hypersthène. Tantôt ces deux minéraux sont disposés d'une façon quelconque par rapport au grenat intact, tantôt, au contraire, ils se groupent autour de lui, formant des couronnes qui rappellent la kelyphite (fig. 31). Le spinelle se dispose alors sous forme cristallique, donnant naissance à de délicats édifices, constitués par l'empilement d'octaèdres. Il est englobé par l'hypersthène qui affecte aussi parfois des formes chondritiques.

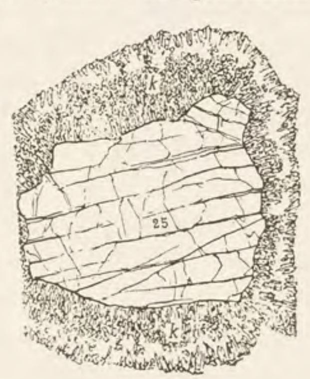


Fig. 31.
Coupe mince de grenat (25), présentant la transformation périphérique en spinelle et hypersthène. (Enclave gneissique de la brèche basaltique du Rocher Saint-Michel, au Puy.)

Ces transformations s'observent souvent dans les enclaves basaltiques du Velay et particulièrement dans celles des environs du Puy.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le grenat almandin est rare dans le granite, très abondant dans les granulites, les pegmatites, ainsi que dans les gneiss, micaschistes et

schistes granulitisés. Il est également fréquent dans les amphibolites et constitue un élément essentiel des éclogites. Plus rarement, il s'observe dans les schistes paléozoïques, modifiés par le granite.

Dans toutes ces roches, le grenat se présente avec les mêmes formes b^1 (110) et a^2 (211), seules ou associées (je n'ai jamais trouvé que le dodécaèdre dans les éclogites) ; aussi ne séparerai-je pas ces gisements les uns des autres et les étudierai-je dans un même paragraphe.

Dans les granulites et les roches modifiées par elles, la tourmaline, parfois la cordiérite sont souvent associées au grenat.

Dans les micaschistes, ce minéral est un satellite habituel de la staurotide, du disthène, de l'andalousite ; il y est beaucoup plus abondant que ces derniers.

Enfin, on rencontre l'almandin dans les sables de toutes les régions constituées par les roches grenatifères qui viennent d'être énumérées.

Les gisements de grenat sont plus nombreux encore que ceux de tourmaline et partout où l'on trouve des schistes cristallins ou des granulites, on est presque sûr de le rencontrer ; aussi me contenterai-je de signaler les points qui se recommandent par l'abondance ou la netteté des cristaux de ce minéral.

Normandie. — *Orne*. M. Le Tellier m'a signalé des cristaux rouge groseille de grenat dans la granulite à grains fins de Condé-sur-Sarthe près Alençon.

Bretagne. — Le grenat se rencontre dans presque tous les filons de granulite (*pegmatite*, *aplite*) de Bretagne. Les cristaux sont généralement plus petits et d'un rouge plus pâle que ceux des schistes métamorphiques. Je citerai quelques gisements plus particulièrement intéressants.

Ille-et-Vilaine. M. Vélain m'a signalé de gros cristaux de grenat à l'anse des Métairies, près Saint-Enogat, dans les pegmatites.

Côtes-du-Nord. Les pegmatites de Saint-Jacut de la Mer renferment de gros cristaux d'almandin b^1 a^2 (110) (211), atteignant plusieurs centimètres de diamètre. Ils sont accompagnés de tourmaline.

Finistère. Les granulites de Siec, près Roscoff, sont très riches en jolis grenats rouge groseille (a^2). M. Barrois m'a signalé également à ce point de vue un filon de granulite que l'on peut observer de Goulier à Plouaré.

Les micaschistes granulitisés de Port Léogan, dans la baie du

Conquet, contiennent d'énormes cristaux, b^1 a^2, de grenat rouge accompagnant la staurotide. On en rencontre d'analogues au cap Coz près Concarneau.

Le grenat almandin est assez abondant dans deux bandes d'amphibolites, de pyroxénites et d'éclogites que m'a signalées M. Barrois ; l'une au S. du Finistère passe à Peumérit, Trioyet, l'autre au N. du département s'étend de Guisseny à Plouider, Plounevez. J'ai décrit les roches de ces derniers gisements : *B. S. M.* 1889 et *Bull. Soc. Nat. Ouest.* I. 109. 1891. A Gerscao en Plounevez, les grenats de l'éclogite sont entourés d'amphibole, distribuée d'une façon régulière à la manière de la kelyphite des serpentines (fig. 32).

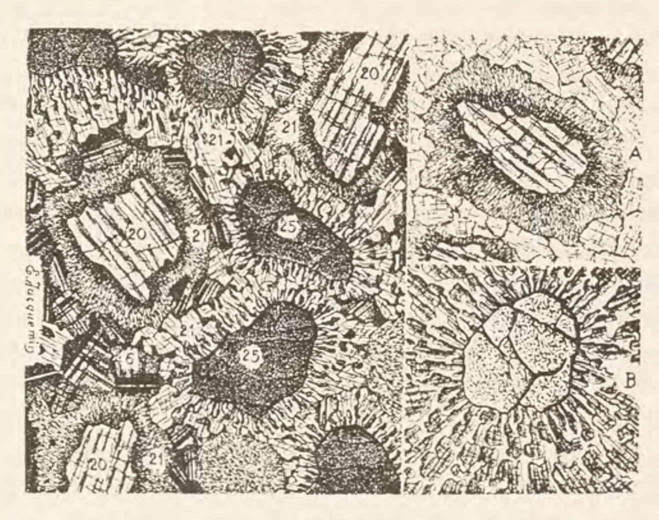


Fig. 32.

Grenat (25) entouré d'une couronne d'amphibole et de feldspath triclinique dans éclogite de Gerscao-en-Plounevez. La roche renferme, en outre, du pyroxène (**20**) se transformant de la même façon en amphibole et en feldspath ; (en *A*, transformation du pyroxène et en *B* du grenat). Lame mince vue en lumière polarisée parallèle.

Le grenat s'observe en outre, en cristaux a^2 rouges et transparents, dans des schistes siluriens à staurotide et andalousite de Forges-Neuves étudiés page 10. M. Barrois me l'a signalé aussi dans les schistes et les grès dévoniens au contact du granite dans les environs de Morlaix. M. Munier-Chalmas m'a remis une série d'échantillons parmi lesquels on rencontre quelques bons cristaux b^1.

Morbihan. Les micaschistes et les granulites de la vallée de l'Evel

et de la bande schisteuse s'étendant de Baud à Locminé renferment d'énormes cristaux d'almandin ; on peut citer notamment à cet égard les environs de Baud, de Kérival, la Haie-Haute (le Hayo), Treblavet, Téléné, Lindivic, Kerandun, le rocher du Roho, Kerguero près Plumelin (cristaux atteignant la grosseur du poing), Saint-Allouestre, etc. Dans ces gisements, la face dominante est le trapézoèdre a^2 (211), souvent accompagné du dodécaèdre qui existe parfois seul (Saint-Allouestre).

A la Corderie en Peaule, on trouve d'énormes cristaux rouge violacé, assez transparents. Ils sont engagés dans un micaschiste très granulitisé presque exclusivement composé de muscovite p (001) m (110), accompagnée d'apatite verte.

A la Roche-Bernard, l'almandin se rencontre en gros trapézoèdres dans les granulites (près du pont, sur la rive gauche de la rivière), ainsi que dans les éclogites (b^1). Le grenat des gneiss granulitiques de la baie de Penboc'h près Vannes, accompagnant la sillimanite, ne se présente généralement pas en cristaux nets. Le même minéral s'observe dans les gneiss, les amphibolites, les granulites d'un grand nombre de points de la côte et notamment à Billiers.

Les micaschistes de l'île de Groix sont très grenatifères ; quelques-uns renferment des cristaux atteignant 3 ^{cm} de diamètre. Dans les amphibolites à glaucophane, se trouvent souvent des rhombododécaèdres rouge foncé fort nets. Ces cristaux sont riches en inclusions de quartz et de rutile.

Enfin, M. Barrois m'a indiqué l'existence du grenat dans les schistes siluriens, modifiés par le granite de Kéraudic en Plélauff, d'Elven, etc.

Dans toute cette région, les sables des rivières ou de la côte sont extrêmement riches en petits grains de grenat provenant de la démolition des roches précédentes.

Loire-Inférieure. Les environs immédiats de Nantes sont riches en beaux cristaux de grenat qui ont été signalés par Dubuisson et par M. Baret (*op. cit.*, 40), dans la collection duquel j'ai pu les étudier.

Les micaschistes de la carrière du Pont du Cens ont fourni en grande abondance des cristaux rouge foncé, translucides, plus rarement rouge cerise et transparents, b^1 a^2. Ils atteignent parfois 1 ^{cm} 5 de diamètre, et se détachent très facilement de leur gangue. Dans la carrière du Petit-Port, les grenats ont la même forme, mais ils sont brun rougeâtre. La collection du Museum renferme des cristaux

analogues accompagnant l'andalousite dans les micaschistes des Douves Saint-Nicolas, à Nantes.

M. Baret a trouvé dans la carrière de Barbin un lit mince d'une chlorite d'un beau vert sombre (un axe négatif), empâtant de grands cristaux b^1 (110) avec quelquefois a^2 (211), d'almandin rouge groseille ; les petits cristaux sont assez transparents pour que j'aie pu en faire tailler un prisme qui m'a servi à la mesure de l'indice donné plus haut. Ces cristaux sont quelquefois aplatis suivant une face b^1.

Les micaschistes de Fay et de Bouvron renferment de gros grenats, généralement arrondis. Dans ce dernier gisement, ils sont parfois lardés de cristaux de disthène.

L'almandin est abondant dans les granulites d'Orvault, du Pouliguen (pegmatite), de Clis près Guérande, de la Jonnelière, du Chêne-Vert en Saint-Herblain (b^1) ; du Mont-Goguet près Nantes, etc.

Les gneiss à pyroxène de la Ramée près Saint-Viaud sont, par places, riches en grenat ; non loin de là, dans la carrière de la Ménageraie, j'ai trouvé (*B. S. M.* 1789 et *Bull. Soc. sc. nat. Ouest* I. 205. 1891), au milieu des gneiss, de petits lits rouges qui, au microscope, se montrent constitués par de l'oligoclase grenue, du quartz englobant du grenat rose, du spinelle vert, de l'amphibole, disposés avec le feldspath à la façon de la pegmatite graphique.

Le grenat est également abondant dans les gneiss à pyroxène de la Chaterie en Saint-Herblain, de Port-Saint-Père et de Migron en Frossay.

Enfin, il y a lieu de signaler comme gisement intéressant de grenat, les éclogites qui sont abondantes dans la Loire-Inférieure. Je les ai décrites récemment (*Bull. Soc. sc. nat. Ouest.* I. 81. 1891) et j'ai fait voir qu'elles constituent deux bandes situées l'une au nord, l'autre au sud de la Loire. Dans la première, on peut observer le grenat à Bouvron, Fay, Héric, Saint-Mars-du-Désert, au Cellier, à Liré (rive gauche de la Loire, département du Maine-et-Loire) ; dans la seconde, à Saint-Philbert de Grand-Lieu (Chiron et Piedpain), à Saint-Colombin, Saint-Étienne-de-Corcoué. Cette bande se prolonge dans le département de la Vendée à Rocheservière, à la Chevrottière en Saint-André-Treize-Voies, Saint-Denis, etc.

Dans toutes ces éclogites, le grenat varie de dimension de 1 ^{cm} à 0 ^{mm} 10. Quand il présente des formes nettes, on observe toujours le rhombododécaèdre, mais souvent les cristaux sont arrondis ; l'examen

microscopique fait voir qu'ils sont criblés de cavités remplies par du quartz, de l'amphibole, du pyroxène. Ils renferment des inclusions de rutile, de sphène, d'ilménite. Leur couleur est le rouge plus ou moins foncé, le centre des cristaux est souvent plus foncé que la périphérie. A Bouvron, j'ai observé la transformation en épidote décrite plus haut.

Enfin, les sables des côtes de la Loire sont parfois extraordinairement riches en grenat.

Maine-et-Loire. M. L. Bureau m'a indiqué l'existence du grenat dans les micaschistes des environs de Drain en petits rhombododécaèdres roses b^1 (110). Ce minéral n'est pas rare dans cette région, mais les cristaux ne sont jamais très beaux. J'ai signalé plus haut le grenat des éclogites de Liré.

Mayenne. Je dois à l'obligeance de M. Œhlert l'indication de l'existence du grenat dans le granite de la Bazouge des Alleux et dans la brèche pétrosiliceuse de Sainte-Suzanne.

Vendée. — *Vendée*. J'ai signalé plus haut les gisements d'éclogites de Saint-Denis, Rocheservière, la Chevrottière, qui renferment en abondance du grenat. On le trouve aussi dans les granulites et les sables de l'île de Noirmoutiers.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. Les granulites du massif du Labourd sont localement grenatifères ; celles du tunnel de Cambo m'ont fourni de gros cristaux, accompagnant la sillimanite et la cordiérite.

Charpentier (*op. cit.*) a signalé le même minéral entre Hélette et Mendione, et à la montagne d'Ursoviamendia. Je l'ai observé dans les schistes micacés à staurotide du Mont Baygoura, au sud du Labourd.

Hautes-Pyrénées. Les granulites à tourmaline de la montée du lac Bleu par Chiroulet renferment beaucoup de jolis grenats a^2, $a^2 b^1$. Ces grenats sont souvent groupés et s'entrepénètrent. L'examen microscopique montre qu'ils sont fréquemment transformés en chlorite. On retrouve en abondance cette granulite à l'état erratique dans la vallée de Lesponne. Des grenats analogues se trouvent dans divers points du massif du pic du Midi de Bigorre et notamment à la montée du Pic, au-dessus de l'hôtellerie.

Sur la route de Gèdres à Héas, on recueille des granulites presque entièrement constituées par des grenats atteignant 2^{mm} de diamètre pressés les uns contre les autres et plus ou moins arrondis ; ils présentent les formes a^2, a^2 b^1. Ces roches son éboulées de la

montagne de Coumélie. On y trouve également des granulites à plus grands éléments dont les grenats atteignent 1 cm de diamètre. Ils ont la forme a^2 b^1 et présentent une structure fort curieuse ; ils sont en effet constitués par des lamelles superposées dont l'ensemble rappelle les célèbres figures de décroissement d'Haüy. Charpentier signale aussi des grenats près de Gavarnie, sur le chemin du port de Boucharo.

Je dois à l'obligeance de M. Gourdon de très beaux cristaux d'almandin rouge noir qu'il a recueillis dans les schistes micacés du Petit Pic Pétard. Ils présentent les faces b^1 a^2, atteignent 1cm 5, et sont remarquables par leurs déformations mécaniques ; ils sont en effet parfois très aplatis dans une direction quelconque. A la base du même pic, au col d'Aigues Crucès, ainsi qu'au lac Caillaouas, se trouvent de très jolis cristaux du même minéral (cristaux a^2 b^1 d'un rouge très vif, dans schiste micacé).

Haute-Garonne. Le grenat se rencontre dans les granulites et les schistes micacés du vallon de Burbe (chemin de Portillon près Bagnères-de-Luchon (M. Caralp), dans ceux de Clarabide (b^1 a^2), du pic Crabioules, de la vallée du Lys, dans ceux du Mont de Mousquères près Luchon (beaux cristeaux b^1 rouge foncé), de Castel-Viel[1] (beaux cristaux rouges de 1 cm de diamètre dans schiste micacé. M. Gourdon), de Superbagnères (cristaux b^1, quelquefois aplatis et engagés dans un chloritoschiste), des environs du port d'Oo (cristaux b^1 de 1 cm de diamètre).

Ariège. M. Caralp m'a signalé le grenat dans les granulites et gneiss granulitiques du chemin conduisant de Sentenac au Col de la Quorre.

Je l'ai observé dans un grand nombre de points et notamment aux environs d'Ax et à Montoulieu, dans les pegmatites (b^1), à Arignac sur le bord de l'Ariège (rive gauche) et en face du pont du chemin de fer ; dans le massif du Saint-Barthélemy, dans les granulites du col d'Aigotorto (avec béryl), du chaînon nord du pic du Han (avec tourmaline, andalousite, etc.), aux environs de Calchax et de Saint-Conac (dans gneiss et granulite), etc. ; dans le massif du pic des Trois-Seigneurs, à l'Etang Blaou. Dans tous ces gisements, les cristaux sont rarement beaux.

Charpentier rapporte (*op. cit.*) que Picot de Lapeyrouse a recueilli des

1. Pendant la correction de ces épreuves, M. Gourdon m'a communiqué de très jolis petits cristaux de *staurotide*, simples ou maclés suivant (232), recueillis dans les schistes micacés de ce gisement que j'ai signalé page 13 comme ne donnant que de mauvais échantillons de ce minéral.

grenats dans la roche micacée des environs du port de Paillières, près Mijanès, au N. O. de Quérigut. Dans ce gisement je n'ai trouvé que rarement l'almandin dans les schistes (dévoniens, d'après M. Roussel), modifiés par le granite et intercalés dans les calcaires riches en grossulaire étudié page 224.

Pyrénées-Orientales. M. Deperet m'a signalé de beaux grenats dans la granulite du château de Coladroy, au nord de Ille-sur-Tet et au pic de Costa-Bona, près la Preste (vallée du Tech). Boubée en a autrefois indiqué dans le gneiss à la Coume del Cabail Mort, au-dessus de Saint-Martin-du-Canigou.

Montagne Noire. — *Tarn*. De Boucheporn (*op. cit.*) a signalé des cristaux de grenat dans les granulites de Brassac. On rencontre en outre ce minéral dans un grand nombre de points de la Montagne Noire et particulièrement dans ceux qui ont été énumérés au sujet de la tourmaline.

Plateau central. — *Aveyron*. M. Bergeron m'a signalé l'almandin dans les gneiss de Najac, Monestier, Arvieu, dans les amphibolites et pyroxénites de ce dernier gisement, etc.

Ardèche. Un des plus beaux gisements de grenat que nous ayons à signaler en France est celui de Jaujac non loin de Vals ; les cristaux présentent la forme b^1 (110) ; ils sont d'un beau rouge et, d'après les indications de M. Garreau, ils se trouvent dans des micaschistes, sur la rive droite du ravin de Rieucla, près du hameau des Blachies. Le frère Euthyme et M. de Fréminville m'ont communiqué des cristaux de ce gisement qui mesurent $3^{cm}5$ de diamètre.

Le même minéral se rencontre à Entraygues.

Haute-Loire. L'almandin est très abondant dans les granulites de Pradelles, Limandre, Saint-Privat-d'Allier. M. Boule m'en a montré de jolis cristaux a^2 b^1, provenant du tunnel de Fix. Ils sont transparents et atteignent 6 à 8^{mm} de diamètre ; ils sont accompagnés de tourmaline, de cordiérité, etc.

Le grenat est abondant dans les gneiss granulitiques, enclavés dans les projections basaltiques des environs du Puy et particulièrement aux rochers Saint-Michel, Corneille, à Taulhac, Bilhac, Sainzelle (Pascal, *Et. géol. du Velay*, 401. 1885). Ils y sont associés à la cordiérite et à la sillimanite, et présentent souvent les phénomènes de fusion et de transformation en hypersthène et spinelle qui ont été décrits plus haut (fig. 31).

M. Boule m'a remis des échantillons de gneiss granulitiques ou de granulites qu'il a recueillis dans les tufs basaltiques de Bournac. Ils sont extrêmement riches en petits grains de grenat rouge violacé, associés au diaspore que j'ai décrit dans ce gisement.

Enfin, dans les ruisseaux de cette région et particulièrement dans celui du Riou-Pezzouliou à Espaly, les grenats en gros cristaux b^1 (110) et a^2 (211) souvent roulés ne sont pas rares.

Cantal. Dans beaucoup de granulites, gneiss granulitiques (Menet, Massiac, etc.), dans les micaschistes à muscovite des environs de Carlat et notamment au bois de la Bessaillade à Celles.

Les tufs basaltiques des environs de Murat renferment des fragments de granulite très grenatifère.

Corrèze. M. de Launay m'a signalé des grenats très abondants dans les gneiss des carrières du Mulatet, dans la presqu'île formée par la Corrèze en face du débouché du vallon de Poissac près de Tulle, ainsi qu'aux environs de La Chapelle-Saint-Géraud, sur la route d'Argentat à Beaulieu, dans ce dernier gisement, ils accompagnent le disthène.

D'après les indications que m'a fournies M. Mouret, le grenat serait très fréquent dans les micaschistes et les gneiss de la Corrèze sans qu'aucun gisement se recommande spécialement par la beauté des cristaux.

Haute-Vienne. Abondant dans les granulites entre Chalus et Rochechouart.

Creuse. D'après les renseignements que m'a donnés M. Glangeaud, les granulites à cordiérite des environs de Bourganeuf, les gneiss de Rapissat près Saint-Didier sont riches en grenat.

M. Gautier m'a signalé de bons cristaux a^2 b^1 d'almandin dans les granulites de Chambon-sur-Voueize.

Puy-de-Dôme. Ce minéral est fréquent dans les micaschistes à Barbecot près Pontgibaud ; on le trouve à Servant, à Arlanc dans les granulites et pegmatites.

Lecoq a signalé (*Epoq. géol.* I. 345) de gros cristaux de grenat dans un bois de sapins au-dessus de Chennaille (Saint-Amand-Roche-Savine). M. Gonnard en signale aussi (*op. cit.*) dans un ruisseau voisin, dit *Carcasse* ; la collection de l'École des Mines possède des cristaux a^2 d'almandin rouge, atteignant 3^{cm} de diamètre qui semblent provenir de ce gisement.

M. Gautier a appelé mon attention sur de jolis cristaux (a^2) de la grosseur d'un pois qui accompagnent la tourmaline dans une pegmatite à muscovite en filon au nord-ouest du Puy-d'Olloix (près Saint-Amand-Tallende et non loin du gisement célèbre de barytine de la Côte-d'Abot). Le même minéral se rencontre dans les gneiss à cordiérite de Royat, etc., et dans ceux qui s'observent en enclaves dans les trachytes du Capucin au Mont-Dore. Ces gneiss sont en partie résorbés et le grenat inattaqué reste souvent en saillie dans les cavités de l'enclave, partiellement remplie par des minéraux récents (*tridymite*, *orthose*, *hypersthène*).

Je dois à l'obligeance de M. Gonnard un échantillon d'éclogite de Pinnatelle près Ardes dans lequel les grenats présentent au microscope une zone d'amphibole vermiculée, rappelant celle des éclogites du Finistère, signalées plus haut.

D'après Lecoq, le même minéral se rencontre dans une roche porphyrique de Murat (canton de Pionsat). Quant au grenat almandin signalé par Lecocq et Bouillet dans les trachytes de plusieurs pays et notamment dans celui du puy Poulet ou de La Croix-Morand, il n'existe certainement pas. La substance prise pour du grenat par ces auteurs était probablement du feldspath fendillé et imprégné d'oxyde de fer; les échantillons de ce genre ne sont pas rares en Auvergne.

Allier. M. de Launay indique (*B. S. G.* 9e sér. XV. 12. 1886) l'existence du grenat dans les granulites du massif de Commentry, de Mazelle (avec sillimanite et cordiérite), à l'étang de la Côte, au sud du massif de Fonbonne (avec cordiérite et tourmaline), sur le bord ouest de l'Etang de Bourbon-l'Archambault ; enfin dans les micaschistes de Durmignat.

Loire. Grüner a signalé (*Description de la Loire*, 1857), l'existence de jolis petits grenats dans une granulite entre Montbrison et Boën à 500m ouest du cône basaltique de Marcilly, ainsi qu'au lieu dit Le Puy près de Sorbier, dans la vallée d'Ozon.

Le grenat est fréquent dans les nodules de granulite des gneiss de la Croix-Montvieux (avec tourmaline et sillimanite). On le rencontre en gros cristaux a^2 (211) dans les pegmatites du Mont-Pilat.

Rhône. Les gneiss et granulites du Rhône sont riches en grenat; on peut citer quelques gisements dans lesquels les cristaux sont parti-

culièrement nets et gros : Roche-Cardon, gros cristaux a^2, rouge groseille, avec apatite dans pegmatite ; Ile-Barbe, cristaux de 2^{cm} moulant le quartz et le feldspath et accompagnant le béryl (Gonnard) dans des glandules felsdpathiques des gneiss ; Francheville, Arbuzy, Brignais (a^2, rouge groseille), Riverie, Moulin-du-Barret à Chaponost (cristaux rouge groseille transparents de 1^{cm}) (Briffandon, *Ann. Soc. lin.* I. 1836).

M. Riche a indiqué (*Ann. Soc. Lin. Lyon.* 1887. 13-41) les pegmatites de Bel-Air près Francheville, de Pierre-Blanche près Orliénas, les gneiss granulitiques de Saint-Laurent-d'Agny et de Saint-Vincent-d'Agny comme riches en almandin.

Saône-et-Loire. La région gneissique du Morvan renferme un grand nombre de filons de pegmatite grenatifère. Quelques-uns d'entre eux fournissent de superbes cristaux de grenat.

On peut citer spécialement ceux de Marmagne, de Saint-Symphorien-de-Marmagne, Broye, Mesvres et ceux des environs immédiats d'Autun (parc de Montjeu).

Les cristaux d'almandin ont fréquemment la taille d'une noix ; ils sont d'un beau rouge foncé ; la forme dominante est a^2 (211) avec souvent b^1 (110) généralement très réduite, bien que j'aie recueilli des cristaux dans lesquels ces deux formes sont également développées. Ils sont accompagnés de très gros cristaux de béryl et de tourmaline.

M. Michel Lévy a signalé (*B. S. M.* VI. 329. 1883) des cristaux b^1 (110) de grenat provenant de Champroud et de Runchy, près Mesvres, atteignant 8^{cm} de diamètre. Ils sont remarquables par l'abondance des grains de quartz qu'ils englobent et qui y sont disposés à la façon d'une pegmatite graphique. Les granulites et gneiss granulitiques de cette région renferment très souvent des cristaux de grenat de petite taille.

Les amphibolites sont aussi parfois riches en grenat (Marmagne, Villeneuve-en-Montagne).

Jura. — *Jura.* Ogérien indique (*Hist. nat. du Jura.* I. 325. 1865) l'existence du grenat au N.-E. de Dôle, dans les gneiss de La Serre-des-Moulières (sur la croupe Est de la Montagne).

Vosges. — *Vosges.* On trouve le grenat almandin dans les granulites et les gneiss granulitiques de Ranfaing, près Remiremont, de Lusse (Dr Carrière, *Ann. Soc. d'émul.* Vosges. VII. 140. 1853), de la Beheuille, de l'Etang-d'Huchère ; dans les micaschistes de Lubine.

[*Alsace*]. Il est abondant dans les gneiss de la région de Sainte-Marie-aux-Mines et particulièrement dans ceux de Saint-Philippe, en énormes cristaux (a^2, a^2 b^1) rouges. Ces grenats se transforment souvent en chlorite; ils possèdent des clivages cubiques (Delesse et Dr Carrière. *op. cit.*)

Alpes. — *Isère*. Les micaschistes de Saint-Symphorien-d'Ozon renferment des grenats parfois assez gros, mais n'ayant pas de formes nettes. On en rencontre aussi dans les micaschistes des environs de Chalanches près Allemont, et dans les chloritoschistes du massif de Belledonne.

Maures. — *Var*. Le grenat est très abondant dans tous les micaschistes à minéraux des Maures et particulièrement dans les gisements cités à l'occasion de la staurotide, de l'andalousite et du disthène (La Velne, Collobrières, le col de Grateloup, entre La Molle et Bormes, etc.).

Le même minéral est également abondant dans les amphibolites de cette région (Sainte-Maxime). Les cristaux sont généralement arrondis et les formes nettes sont rares.

Corse. — J'ai eu l'occasion de voir plusieurs échantillons de granulite de Corse renfermant de petits cristaux (a^2) de grenat almandin, mais je n'ai pu recueillir aucun renseignement sur leur gisement précis.

Algérie. — *Alger*. M. Renou a indiqué (*Explor. sc. de l'Algérie*, 71. 1848) des cristaux (a^2) de grenat almandin dans les granulites du fort Bab-Azzoun et de divers autres points des environs d'Alger: ils y sont accompagnés de tourmaline.

Constantine. Le grenat almandin est abondant dans certains schistes micacés du massif d'Edough et des environs immédiats de Bône.

M. Renou (*op. cit.* 56. 1848) signale, à 1500m N.N.O. de la ville, des schistes micacés renfermant des cristaux (b^1) de grenat de la grosseur d'une noisette. Le même minéral accompagne souvent dans les environs de la ville la staurotide et l'andalousite [1].

1. J'ai pu recueillir quelques renseignements sur les minéraux de ce gisement depuis l'impression de mes premières feuilles.

Staurotide. Les staurotides signalées p. 15 aux environs de Bône se trouvent associées aux grenats dont il est question ici. Les cristaux noirs, très brillants, présentent les formes m (110), g^1 (010), a^1 (101) (Renou, *op. cit.* 57).

Andalousite. L'Andalousite que j'ai signalée p. 49 est souvent associée aux stau-

Il existe aussi des couches de grenat et de pyroxène (notamment au fort de la Casbah), associées à des bancs calcaires et à des minerais de magnétite. Les cristaux y présentent en général la forme a^2. (Voir aussi Parran. *B. S. G.* 511. 1883.)

La richesse en grenat des roches de cette région est assez grande pour donner aux sables de la plage, en certains points, la couleur rouge foncé de ce minéral.

Madagascar. — Le grenat semble être très abondant dans les schistes cristallins et les granulites de la province d'Imérina.

M. Grandidier me l'a signalé comme se trouvant en grande quantité dansles environs d'Antananarivo et dans cette ville même, au quartier dit Andohalo.

M. Cortese (*Bollet. del R. Comit. geol. d'Italia*, XIX. 113. 1888) l'indique dans les schistes du Mont Ankaratra. Il annonce qu'il a recueilli de très gros grenats altérés, accompagnés de corindon (rubis et saphirs), sur le versant oriental de cette montagne. M. Grandidier a donné au Museum des cristaux roulés de grenat, corindon, zircon, provenant, selon toute vraisemblance, de la même région.

M. Baron (*Quaterly J. of the geol. Soc.* XLV. 305. 1880) a rencontré en abondance le grenat dans les gneiss du lac Itasy et M. Hatch l'a retrouvé dans les roches recueillies par ce voyageur au village d'Ambohidratimo, à 16^{km} N.-O. d'Antananarivo (petits grenats rouges dans gneiss granulitique) et à Ambohibao (6 ou 8^{km} N.-O. de la même ville) (cristaux brun rouge dans gneiss à pyroxène du type de Saxe), c'est-à-dire dans la région que m'a signalée M. Grandidier.

Nouvelle-Calédonie. — J'ai pu examiner à l'Exposition permanente des colonies les échantillons rapportés de leur mission par MM. Garnier et Heurteau. J'ai étudié d'autre part quelques échantillons de cette région qui m'ont été donnés par M. le commandant Berlière.

Le grenat almandin est abondant dans les schistes cristallins de la partie N.-E. de l'île (voir plus haut l'analyse). Dans son rapport (*A. M.*

rotides : elle ne doit pas être classée dans le paragraphe des roches modifiées par le granite, mais bien dans celui des schistes micacés granutilisés (p. 40 à la suite de « Esterel ».)

Disthène. M. Renou indique (*op. cit.* 57) l'existence de disthène bleu dans les schistes micacés et dans les nodules de quartz qui les accompagnent. Ce gisement est donc à ajouter à ceux que j'ai donnés page 73.

IX. 252), M. Heurteau a indiqué la distribution de ces roches qui peuvent être observées sur la côte N.-E. depuis l'extrémité N. de l'île jusqu'à Panié. Elles consistent en micaschistes et en amphibolites (avec ou sans glaucophane). Ces dernières roches sont abondantes dans la crête montagneuse, séparant la côte (au-dessus de Balade) de la vallée du Diahot et notamment au col du Bonhomme. On les retrouve de l'autre côté de ce col dans la vallée du Diahot et particulièrement près d'Ouéga. Les petites rivières descendant de cette arête montagneuse vers la mer, aux environs de Balade (ruisseau de Pohieu à Oubatche), contiennent également de nombreux galets d'amphibolite à glaucophane grenatifère.

Les grenats présentent uniformément les formes b^1 (110) ; ils sont rouges et atteignent quelquefois 1^{cm} de diamètre.

Les micaschistes qui les renferment offrent la plus grande analogie avec ceux de l'île de Groix (*Morbihan*) et de l'île de Syra.

A Balade, on trouve des chloritoschistes contenant des lamelles de biotite, allongées suivant une arête $p\ g^1$ (001) (010) et groupées en rosettes. Les grenats y sont presque entièrement transformés en une chlorite à un axe négatif possédant une biréfringence plus grande que celle de la pennine.

Les amphibolites sont riches en mica blanc et en rutile, très souvent entouré d'une gaine de sphène et d'ilménite. L'amphibole est constituée soit par de la glaucophane, soit par de l'actinote verte. L'épidote est presque toujours très abondante et les grenats souvent transformés en chlorite comme dans les micaschistes précédents.

La région des micaschistes est riche en filons cuprifères dont j'étudierai les nombreux minéraux dans le second volume de cet ouvrage.

SPESSARTINE [1]

$Mn^3Al^2Si^3O^{12}$

Formes observées. a^2 (211), b^1 (110).

Dureté. 7.

Densité. 3,77 à 4,37. 4.155 (La Vilate.) 4.047 à 4.054 (Vieil-Salm.) 3.976 (Ourt [Bastogne].)

1. Voir *Supplément*, t. IV, 729.

Coloration. Brun jaune clair, rouge brun plus ou moins foncé. Transparent ou translucide.

Propriétés optiques. Les cristaux de la Vilate, taillées en plaques épaisses, m'ont donné des traces de biréfringence, sans qu'il m'ait été possible de les interpréter d'une façon satisfaisante. Les cristaux de l'Ardenne belge sont monoréfringents (d'après M. Renard).

J'ai mesuré les indices suivants sur un petit prisme taillé dans un cristal de la Vilate :

$$n = \begin{matrix} Na \\ Li \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} 1,7991 \\ 1,7740 \end{matrix} \right.$$

Composition chimique. Analyses :

a) de Salm-Chateau [Ardenne belge] par de Koninck (*Ac. Roy. Belgique.* XXXIII. n° 4. 1872).

b) d'Ourt [même région] par M. Klément (*Tschermak Min. patr. Mitth.* VIII. 18).

	a)	*b*)
SiO^2	38,70	37,50
Al^2O^3	18,50	18,90
Fe^2O^3	1,53	2,03
MnO	27,40	34,00
FeO	13,32	6,37
CaO		2,00
	99,45	100,80

Ces grenats, de même que celui de la Vilate, ne sont pas de véritables spessartines, mais des intermédiaires entre cette espèce et le mélanite.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fusible en globule noir non magnétique. Avec le borax et le sel de phosphore, donne au feu d'oxydation une perle violette (manganèse). — Difficilement attaquable par l'acide chlorhydrique.

Gisements et associations. La spessartine se rencontre dans deux gisements distincts : 1° dans les granulites ; 2° dans les schistes paléozoïques.

1° *Dans les granulites.*

Plateau central. — *Haute-Vienne.* Le seul gisement à signaler est celui de la Vilate près Chanteloube ; il est aujourd'hui épuisé. Les

pegmatites de cette carrière, aujourd'hui abandonnée, ont fourni autrefois de nombreux minéraux rares (triphyline, triplite, huréaulite, dufrénite, niobite, etc.). La spessartine y formait des masses cristallines constituées par des trapézoèdres (avec rarement les faces b^1 (110) peu développées) accolés et pénétrés de wolfram tantalifère, de biotite et muscovite.

Assez rarement, ces cristaux pouvant atteindre 1 centimètre de diamètre sont transparents.

2° *Dans les schistes paléozoïques.*

[**Ardenne Belge**]. — MM. L. de Koninck et Davreux (*Ac. Roy. Belg.* 1872) ont signalé l'existence de petits dodécaèdres jaune rougeâtre ou brun clair, dans un schiste salmien à ottrélite et damourite de Salm-Chateau (Voy. Analyse *b*).

Plus tard, M. Renard a montré (*Ac. Roy. Belg.* 1887) que le coticule de Vieil Sam, Ottrez, Hébronval, etc., était en grande partie constitué par des dodécaèdres microscopiques de spessartine ferrifère.

Dans son mémoire sur les roches de Bastogne, M. Renard a décrit le même minéral dans les quartzites et divers schistes (taunusien inférieur) des environs de Bastogne et notamment à Ourt (Analyse *c*). D'après cet auteur, ces grenats sont monoréfringents. Les figures données dans son mémoire représentent des inclusions orientées régulièrement et de la même façon que celles de la pyrénéite. Aussi serait-il intéressant d'étudier des lames épaisses de ces grenats et de voir s'ils ne présentent pas de phénomènes biréfringents du même type.

DIOPTASE

$H^2 Cu Si O^4$

Rhomboédrique, parahémiédrique : $pp = 95°55'$ (Dx.) [1]
$a : c = 1 : 1.05613$

Formes observées : $e^2 (10\bar{1}0)$, $d^1 (11\bar{2}0)$; $p (10\bar{1}1)$, $b^1 (01\bar{1}2)$, $e^1 (02\bar{2}1)$, $d^3 (31\bar{4}2)$; $e_2 = (d^1 d^{1/2} b^1)$ $(12\bar{3}2)$.

Les mesures ont été prises sur des cristaux du Congo. Les faces sont tellement ondulées et striées, que ces mesures sont en général peu précises.

	Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.
$e^2 e^2$	120°		$p b^1$	137°55′		$e_2 d^1$ (opp.)	123°49′	
$d^1 d^1$	120°		$p p$	95°55′	95°30′	$p e_2$ (opp.)	117°16′	117°23′
$e^2 d^1$	150°	150°	$p e_2$ (adj.)	146°11′	146°15′	$d^1 e_2$ (adj.)	146°35′	
$d^1 d^3$	151°	151°10′	$p e^1$	126°44′	126°28′	$b^1 b^1$	126°24′	
$d^1 p$	132° 3′	132°15′	$p d^1$ (lat.)	90°		$e^1 e^2$	157°43′	158° envir.
$d^1 b^1$ (lat.)	90°		$e_2 e^1$	160°33′	160°30′	$p e^2$ (sur e^1)	39°21′	38°56′

Faciès des cristaux. Les cristaux du Congo étudiés ici se présentent avec deux faciès particuliers. Dans les uns, le rhomboèdre p $(10\bar{1}1)$ domine et les faces prismatiques sont réduites. Dans les autres, au contraire, les cristaux sont très allongés suivant l'axe vertical. Les faces d^1 $(11\bar{2}0)$ qui dominent, sont très cannelées verticalement ; parfois aussi, elles présentent des stries parallèles aux arêtes pd^1 : les deux systèmes de stries ne se superposent pas, mais existent souvent dans les diverses parties d'une même face. Les faces p $(10\bar{1}1)$ sont fréquemment striées parallèlement à l'arête pd^1.



Fig. 1.
Groupe de cristaux de dioptase du Congo français.

Le prisme e^2 $(10\bar{1}0)$ est toujours réduit à de petites facettes très brillantes. Il existe probablement des prismes entre e^2 et d^1, mais les stries de cette dernière forme rendent impossibles les mesures précises. Les combinaisons habituelles sont : pd^1, $pd^1 e^2$.

1. Breithaupt et Kokcharoff ont pris notre b^1 pour rhomboèdre primitif avec un angle culminant de 125°55′ qui conduit aux paramètres $a : c = 1 : 053417$. On en déduit pour pp la valeur 95°26′, se rapprochant plus des nombres observés que l'angle admis plus haut pour point de départ. Au moment du tirage de cette feuille, j'ai reçu de bons cristaux dont les mesures seront données dans un supplément à la fin de ce volume.

Les faces hémièdres d^3 $(31\bar{4}2)$ et e_2 $(12\bar{3}2)$ sont relativement rares et s'observent généralement ensemble : cette dernière forme est parfois holoèdre (fig. 7) ; b^1 $(01\bar{1}2)$ est plus rare encore, ses faces sont parfois cannelées parallèlement à leur intersection avec p $(10\bar{1}1)$; enfin, je n'ai trouvé e^1 $(02\bar{2}1)$ que dans quatre cristaux ; cette face est parfois allongée suivant l'arête pe^1 (fig. 8).

Les grands cristaux sont presque toujours constitués par l'interpénétration d'un grand nombre d'individus dont les surfaces de jonction sont parfois très visibles. Quelques cristaux ont des sommets dentelés par suite de l'inégale dimension des petits cristaux élémentaires, constituant les gros rhomboèdres.

Clivages. Clivage très facile suivant b^1 $(01\bar{1}2)$. Cassure inégale.

Dureté. 5. Fragile.

Densité. 3,3.

Coloration. Vert émeraude, vert noir rappelant la couleur de l'atacamite, vert-de-gris. Les cristaux vert émeraude sont transparents ; les cristaux vert noir ne le sont qu'en lames minces, il en est de même pour ceux qui sont vert-de-gris. Ces différences de coloration tiennent à un pigment ferrugineux, distribué suivant des zones concentriques, parallèles aux faces dominantes des cristaux (fig. 2).

Éclat vitreux, résineux dans la cassure.

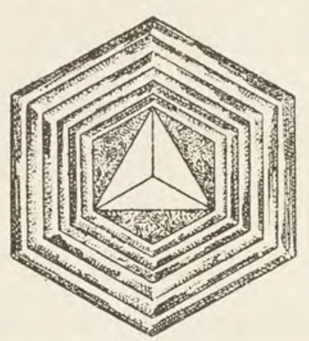


Fig. 2.
Section de dioptase perpendiculaire à l'axe vertical, vue en lumière naturelle et montrant la disposition des secteurs intérieurs, grâce à des inclusions ferrugineuses.

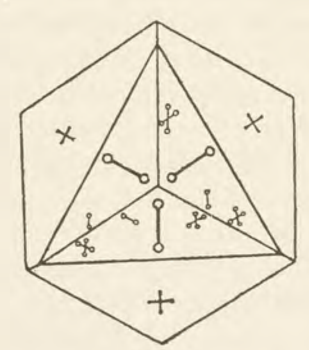


Fig. 3
Section de dioptase montrant la division en secteurs et la position du plan des axes optiques dans chacun d'eux.

Propriétés optiques. L'examen des propriétés optiques des cristaux du Congo m'a conduit à des résultats intéressants. En effet, les sections perpendiculaires à l'axe vertical, examinées en lumière polarisée paral-

lèle, ne s'éteignent généralement pas entre les nicols croisés. En lumière polarisée convergente, on constate une croix noire (avec signe *positif*), se disloquant toujours plus ou moins. Dans quelques cristaux cependant, on observe une division en trois secteurs de 120°, s'éteignant suivant leur diagonale ; le plan des axes optiques est parallèle à la petite diagonale des secteurs ; l'écartement des axes est variable, mais souvent assez grand.

Grâce à l'obligeance de M. Thollon, qui m'a donné un grand nombre de cristaux, j'ai pu en observer quelques-uns présentant des zones d'accroissement concentriques, soulignées par des inclusions ferrugineuses brunâtres. Le centre seul des cristaux présente la division en trois secteurs, alors que la périphérie du cristal ne s'éteint pas.

La section basique représentée par la figure 2 montre très nettement, en lumière naturelle, la disposition des secteurs centraux, grâce à l'existence d'un pigment ferrugineux qui jalonne les lignes de jonction des secteurs, comme cela a lieu dans les cristaux de grenat pyrénéite figurés plus haut.

L'orientation n'est pas unique dans chaque secteur, et quand on déplace lentement la préparation sur le microscope, on voit souvent à la fois deux systèmes d'hyperbole, croisés à 60° (fig. 3). Sur quelques millimètres de surface, on peut observer une multitude de superpositions et suivre pas à pas toutes les étapes conduisant d'un minéral biaxe à axes optiques écartés, jusqu'à un minéral uniaxe.

Le réseau élémentaire de la dioptase est réellement rhombique et l'on ne saurait trouver de plus bel exemple pour démontrer la réalité de ces groupements dont M. Mallard a donné la théorie et montré la fréquence dans un grand nombre de minéraux, considérés autrefois comme uniaxes.

Il est intéressant de faire remarquer que dans la dioptase du Congo, les groupements sont devenus de plus en plus intimes au fur et à mesure de l'accroissement des cristaux.

J'ai mesuré les indices suivants sur un petit prisme (Na) :

	jaune	vert
n_g =	1,697	1,7105
n_p =	1,644	1,6530

La partie verte du spectre étant très étalée, les dernières mesures sont moins exactes que celles qui ont été faites pour le jaune. En rai-

son des groupements étudiés plus haut, ces nombres ne peuvent être du reste considérés que comme approximatifs.

L'écartement maximum des axes (2 **V**) est d'environ 43°.

Pléochroïsme. Pléochroïsme net dans les lames épaisses avec maximum d'absorption suivant n_p.

Pyroélectricité. La dioptase est pyroélectrique.

Composition chimique. La composition chimique de la dioptase du Congo correspond sensiblement à la composition théorique, exigée par la formule citée plus haut : il existe des traces de Fe^2O^3, dues sans doute à des inclusions.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, sur le charbon, la dioptase devient noire au feu oxydant et rouge au feu réducteur, en colorant la flamme en vert. Sur le charbon, avec la soude, elle donne du cuivre métallique. Avec les flux, le minéral donne les réactions du cuivre et laisse un squelette de silice. Il est soluble dans les acides, en faisant gelée, et partiellement attaquable par l'ammoniaque, en donnant une solution bleue et en laissant un résidu de silice floconneuse.

Diagnostic. Les formes, le clivage, la couleur de la dioptase sont tout à fait caractéristiques et ne permettent de la confondre avec aucun autre minéral cuprifère.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Congo [1]. — Pendant longtemps, la dioptase a été considérée comme n'existant que dans les steppes des Kirghis. En 1874, M. des Cloizeaux signala (*op. cit.* II. XXI) de petits cristaux de dioptase qu'il avait observés dans les druses d'un échantillon compact du même minéral, expédié du Gabon avec d'autres minerais de cuivre, associés à du mica et à du clinochlore.

En 1890, M. Thollon rapporta, d'une exploration dans le Congo français, des échantillons de dioptase en beaux cristaux, malheureusement roulés, dans lesquels M. Jannettaz signala (*B. S. M.* XII. 150. 1890 et XIV. 68. 1891) les formes p (10$\bar{1}$1), d^1 (11$\bar{2}$0) ; ces cristaux étaient associés à des octaèdres d'argent natif et à de la calcite.

Dans un voyage plus récent, M. Thollon a recueilli de superbes cristaux dont il m'a confié l'examen (*C. R.* CXIV. 1384. 1892).

D'après les indications qu'il a bien voulu me donner, la dioptase se trouve dans deux gisements distincts, aux environs de Mindouli (à deux

1. Voir *Supplément*. T. IV. 730.

heures de marche à l'est de Comba, sur la route de Brazzaville). Le premier gisement, qui a fourni les échantillons décrits par M. Jannettaz, se trouve sur la rive gauche d'un petit ruisseau dans le lit duquel la dioptase se rencontre au milieu de déblais, provenant d'exploitations des indigènes qui en retirent, pour la fabrication du cuivre, de la cuprite, de l'azurite et de la malachite. On y trouve, en outre, un peu de galène et de chrysocole. Quant à la calcite et à l'argent natif, ce sont des minéraux de formation postérieure à la dioptase.

Le deuxième gisement, d'où proviennent les échantillons riches en faces que j'ai étudiés, se trouve au nord du village de Mindouli, à environ 450 m. d'altitude. On y trouve exclusivement de la dioptase et du quartz hyalin.

Dans ces deux gisements, la dioptase se trouve en blocs isolés au milieu d'une argile ferrugineuse rouge, avec des blocs de quartz, provenant de la démolition des filons quartzeux. La dioptase imprègne le quartz, y forme des filonnets ou tapisse les fentes de fragments de calcaire.

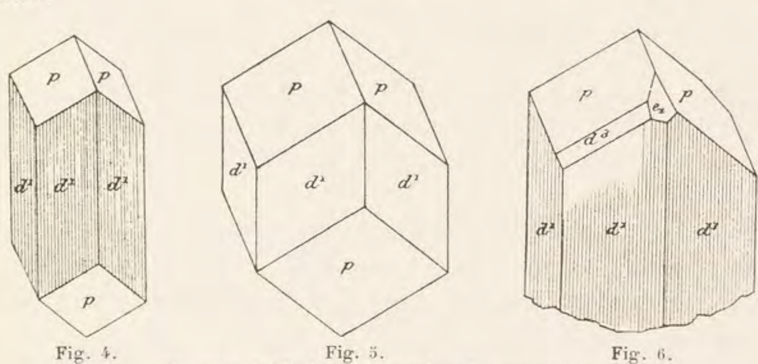


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.
Dioptase de Mindouli (formes les plus communes).

La dioptase existe également dans les mines de cuivre de Boukou-Songho, à trois journées S.-O. de Mindouli. Enfin, M. Thollon a vu, entre les mains d'un agent de l'Etat du Congo, un échantillon du même minéral provenant des environs de Katanga [au sud de Stanley Falls].

Le Congo semble donc extrêmement riche en dioptase qui, jusqu'à présent, était considérée comme une rareté minéralogique, localisée dans un petit nombre de gisements.

Les cristaux se rapportent aux deux types établis plus haut. Quelques-uns d'entre eux atteignent 3^{cm} suivant l'axe vertical et sont, par places, tout à fait transparents. Il en existe de bipyramidés.

Les cristaux allongés ont une certaine tendance à former des masses flabelliformes.

Au point de vue de la couleur, on peut distinguer deux variétés, l'une vert émeraude qui est la plus commune, l'autre vert atacamite foncé beaucoup plus rare. Les cristaux de cette dernière ne dépassent guère 1^{cm} ; ils sont allongés suivant l'axe vertical et présentent souvent les faces hémièdres $^1/_2$ d^3, $^1/_2$ e_2. Leur nature polysynthétique est très évidente, ils sont très striés, mais les anomalies optiques y sont en général difficilement déchiffrables.

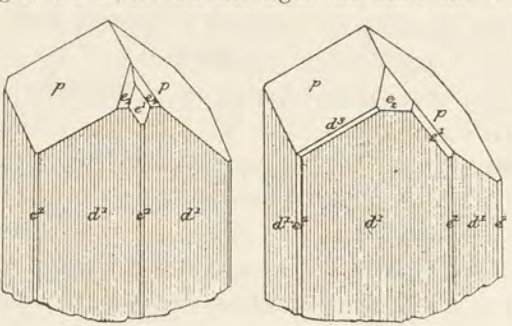


Fig. 7. Fig. 8.
Dioptase de Mindouli (formes rares).

Le quartz hyalin, postérieur à la dioptase, se présente en cristaux nets ou en masses ayant complètement moulé les cristaux de ce dernier minéral. On peut facilement le détacher de la dioptase qu'il recouvre et en obtenir ainsi une empreinte en creux. Ces empreintes ont conservé toutes les stries et imperfections des faces de la dioptase.

Assez fréquemment, le quartz ne forme sur les cristaux de dioptase qu'une très mince *chemise* qu'il est facile de faire sauter avec une épingle : les cristaux ainsi dégagés sont extrêmement frais : ce sont ceux que j'ai mesurés.

J'ai dit plus haut que dans le premier gisement de Mindouli, la dioptase était associée à de la chrysocole, de la malachite, de l'azurite et de l'argent natif. Celui-ci est implanté sur la dioptase et les deux minéraux sont moulés par de la calcite de formation postérieure.

Dans une géode du même gisement, j'ai rencontré de petits cubes jaunes de fluorine.

Enfin, parmi les échantillons que j'ai étudiés, se trouvait un gros bloc de quartz renfermant, en outre de la dioptase, de la cérusite en grands cristaux peu nets ; ils remplissent en partie une géode et recouvrent la dioptase. Ils étaient associés à des croûtes cristallines blanc jaune verdâtre ou jaune citron, constituées par de très petits prismes hexagonaux de *pyromorphite* qui saupoudrent également la surface de

cristaux de quartz. Le même échantillon renfermait de petites tables jaunes de *wulfénite*, des houppes vertes transparentes de *malachite* et des globules cristallins d'un phosphate de cuivre que je n'ai pu déterminer, faute d'une quantité suffisante de matière.

Parmi les échantillons que M. Thollon a bien voulu me donner, se trouve une géode renfermant quelques rhomboèdres verts d'environ 105°, recouverts d'une très grande quantité de petits cristaux transparents de dioptase. Ces rhomboèdres semblent être des pseudomorphoses de calcite en dioptase ; leur surface est trop terne et trop hérissée de cristaux de dioptase pour qu'il soit possible de s'en assurer par une mesure plus précise de leur angle culminant.

CHRYSOCOLE

La chrysocole est un produit d'altération de divers minerais cuprifères. Elle se présente en masses amorphes, compactes, dont la structure varie depuis celle de l'opale jusqu'à celle d'une terre argileuse ; elle possède l'éclat vitreux ou est mate. Elle est parfois translucide sur les bords ; sa couleur varie du vert au bleu, elle est quelquefois noirâtre. La cassure est conchoïdale et le minéral est fragile dans les échantillons frais.

Dureté. 2 à 4.

Densité. 2 à 2,2.

Les réactions au chalumeau sont celles de la dioptase. La composition de ce minéral semble devoir être représentée par la formule $H^4 Cu Si O^5$. On pourrait le considérer comme une dioptase hydratée ($H^2 Cu Si O^4 + H^2O$), mais en réalité les analyses de la chrysocole de divers gisements sont très variables et s'éloignent sensiblement de la formule donnée plus haut, sans doute à cause des mélanges de diverses substances avec le minéral en question.

Je citerai pour mémoire l'analyse de la chrysocole de Canaveilles (*Pyrénées-Orientales*) donnée par Berthier (*A. M.* LI. 395) et qui s'éloigne beaucoup de la composition théorique donnée par la formule :

SiO^2	26,0
CuO	41,8
Fe^2O^3	2,5
H^2O	23,5
CO^2	3,7
Gangue	2,5
	100,0

GISEMENTS

La chrysocole se rencontre en quantité plus ou moins grande dans la plupart des filons renfermant des minerais cuprifères. On peut citer ceux de Canaveilles (*Pyrénées-Orientales*), ceux de la Pacaudière (*Loire*), de Monsols (*Rhône*), de Framont (*Alsace*), etc.

C'est sans doute à la chrysocole qu'il y a lieu de rattacher une substance, décrite par Jackson (*Amer. J. of. Sc.* XXXVII. 398. 1839 et XLVII. 337. 1844) et appelée *beaumontite* dans la *Phillip's Mineralogy* d'Alger. Jackson attribue à ce minéral la composition bizarre suivante : SiO^2 21, CuO 46.8, acide crénique 15,8, H^2O 10,0, Al^2O^3+Fe^2O^3 40,4, CO^2 2,0 = 100.0. Cette substance était, paraît-il, de formation récente dans les galeries de Chessy (*Rhône*), elle y formait des stalactites d'un bleu verdâtre.

Drian (*Minér. et Pétral. des environs de Lyon*, 100) annonce qu'en 1849, un minéral analogue se produisait encore à Chessy, dans la *Grotte bleue*, sous forme de stalactites et stalagmites molles et gélatineuses.

M. Gonnard n'a trouvé trace de ce produit dans aucune collection lyonnaise.

PREHNITE[1]

$H^2 Ca^2 Al^2 Si^3 O^{12}$

Orthorhombique : mm = 99°56′ (Dx.)

$b : h$ = 1000 : 646.087. D = 765.670. d = 643,233

[$a : b : c$ = 0.84009 : 1 : 0,84382]

Formes observées. p (001) ; m (110), h^1 (100), g^1 (010) ; a^2 (102), a^1 (101).

Les angles donnés plus bas ont été mesurés sur un petit cristal de Basse-Indre et sur une lame de la Piquette déras lids.

	Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.
$m m$	99°56′	99°50′	$h^1 g^1$	90°		$p a^1$	134°52′	134°45′
$m h^1$	139°58′	139°52′	$p a^2$	153°20′	153°12′	$a^1 a^1$	89°44′	
$m g^1$	130° 2′	130°14′	$a^2 a^2$	126°40′		$p h^1$	90°	

1. Voir *Supplément*. T. IV. 732.

Faciès des cristaux. Les cristaux de prehnite sont généralement aplatis suivant p (001) et rarement allongés suivant l'arête ph^1 (001) (100). Ceux des gisements français ne présentent jamais l'allongement suivant pg^1 (001) (010) qu'on observe dans quelques gisements étrangers. Très fréquemment, les cristaux de prehnite s'empilent suivant la base, se groupent en éventail ou en gerbes, présentant une forme très caractéristique (*prehnite conchoïde* d'Haüy) représentée par la figure 8.

Picot de Lapeyrouse a découvert dans les Pyrénées une variété de prehnite, en petites lamelles cristallines excessivement minces, s'enchevêtrant les unes dans les autres, formant des masses spongieuses très légères et très fragiles. Cette substance fut prise tout d'abord pour un minéral spécial et décrite sous le nom de koupholite (κοῦφος léger et λίθος pierre) (Delamétherie, *Théorie de la Terre*. II. 547. 1797). Dans la première édition de sa Minéralogie, Haüy (*op. cit.* IV. 373) place la koupholite parmi les espèces imparfaitement connues, en faisant remarquer toutefois que ce minéral « a été regardé comme une zéolithe. Mais le citoyen Lelièvre penche plutôt à croire qu'elle doit être associée à la prehnite ». C'est à cette solution qu'Haüy s'arrêta dans la seconde édition de son livre (*op. cit.* II. 606. 1822). Charpentier s'était, du reste, rallié à cette manière de voir après avoir observé dans la collection de Picot de Lapeyrouse « une belle série d'échantillons dans lesquels on reconnaissait le passage de la koupholite la plus parfaite à la prehnite la mieux prononcée » (*op. cit.* 275).

M. des Cloizeaux a signalé des stries sur m (110) et g^1 (010) parallèles à leurs arêtes d'intersection avec p (001), et sur p (001) des stries parallèles à h^1 (100) et g^1 (010). J'ai fréquemment observé, sur cette dernière face, des stries parallèles à m (110). Elles semblent correspondre à une pyramide très surbaissée (fig. 4). La face p (001) est en outre souvent ondulée.

Indépendamment des groupements en gerbes et en éventail dont il a été question plus haut, la prehnite forme souvent des masses mamelonnées, des sphérolites ou des masses à structure fibrolamellaire.

Dureté. 6 à 7.

Clivages. Clivage très facile suivant p (001), très difficile suivant m (110). Cassure inégale.

Densité. 2,80 à 2,95. 2,916 à 2,921 (Lac Bleu), 2,934 (Oisans), 2,939 (Billiers).

Coloration. Incolore, blanche, gris verdâtre, vert pomme, vert poireau. La couleur verte est due, dans quelques gisements pyrénéens, à des traces de cuivre, provenant de la décomposition de pyrite cuivreuse associée à la prehnite. Poussière blanche.

Eclat vitreux, un peu nacré sur le clivage facile p (001).

Inclusions. La prehnite de quelques gisements (Pyrénées et Oisans) est souvent colorée en vert par des inclusions de chlorite, formant parfois le quart de la masse et rendant la surface du cristal raboteuse ; l'examen microscopique montre que cette chlorite forme des empilements vermiculaires et disposés sans ordre dans la prehnite. La koupholite de la Piquette déras lids est toujours associée à de l'asbeste en fines petites aiguilles, implantées à sa surface ou englobées par elle. La teinte jaunâtre que présentent quelques cristaux est due à un léger enduit de limonite.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë *positive* perpendiculaire au clivage facile p (001).

L'indice moyen de la prehnite du Tyrol est d'après M. des Cloizeaux :

$$n_m = 1{,}626$$

Fig. 1.
Plan des axes parallèle à g^1 (010).

La prehnite de quelques gisements présente des anomalies optiques fort remarquables qui sont devenues classiques depuis les travaux de MM. des Cloizeaux (*B. S. M.* V. 58 et 125, 1882) et Mallard (*B. S. M.* V. 195. 1882).

Ces anomalies consistent notamment dans l'existence de plages complexes dans lesquelles le plan des axes optiques est tantôt parallèle, tantôt perpendiculaire à g^1 (010) avec dispersion *tournante* et dispersion ordinaire très forte, avec $\rho > \upsilon$ ou $\rho < \upsilon$ (Farmington, Arendal). M. Mallard a expliqué ces anomalies par des entrecroisements de lames, alternativement perpendiculaires à n_g et à n_p, et croisés à angle droit ou à 60°.

Ces anomalies n'existant pas dans les cristaux de prehnite française, je ne les cite ici que pour mémoire, renvoyant le lecteur aux travaux de mes savants maîtres.

D'après M. des Cloizeaux, la prehnite du Dauphiné présente une structure plus ou moins confuse, due à des fibres enchevêtrées. Il

n'existe pas de dispersion appréciable. M. des Cloiseaux a obtenu les valeurs suivantes pour l'écartement des axes :

$$2\,\mathbf{H} = \begin{cases} 74°29' \text{ à } 76°7' \\ 75°22' \text{ à } 75°52' \end{cases} \text{d'où } 2\,\mathbf{E} = \begin{cases} 124° \text{ à } 129°9' \\ 127° \text{ à } 128°28' \end{cases} \text{d'où } 2\,\mathbf{V} = \begin{cases} 65°46' \text{ à } 67°22' \\ 66°47' \text{ à } 67°16 \end{cases}$$

D'après le même savant, les lamelles p (001) de koupholite des Pyrénées, examinées en lumière polarisée parallèle, présentent une division en deux ou quatre secteurs à limites ondulées, sensiblement parallèles aux diagonales de la face.

L'extinction est fréquemment simultanée dans les quatre secteurs et parallèle aux diagonales de p. Les secteurs ne sont alors visibles que grâce à une légère différence d'intensité lumineuse. Ils renferment souvent des bandelettes ou des plages cunéiformes ayant l'orientation des secteurs voisins.

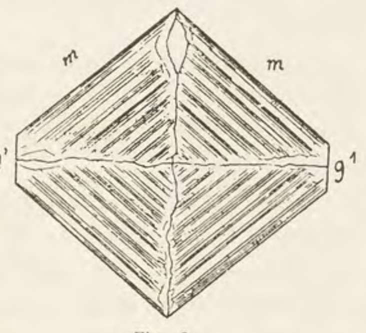


Fig. 2
Lame p (001) de koupholite, vue en lumière polarisée parallèle.

Dans d'autres cas, l'extinction dans chaque secteur se fait à des angles variables (2° à 5°) de ces diagonales.

En lumière convergente, il n'y a pas de dispersion appréciable. M. des Cloizeaux a obtenu sur des lames de koupholite de la Piquette déras lids les nombres suivants pour l'écartement des axes optiques :

$$2\,\mathbf{H} = 73°43' \text{ à } 74°42' \quad \text{d'où } 2\,\mathbf{E} = 122°\,59' \text{ à } 125°27 \quad \text{d'où } 2\,\mathbf{V} = 65°26' \text{ à } 66°16'$$

Cet écartement est variable avec la chaleur ; en effet, M. des Cloizeaux a observé (*C. R. Sav. Etrang.* XVIII. 596. 1867) :

$$2\,\mathbf{E} = \begin{cases} 129°48' \text{ à } 8° \text{ C} \\ 131°50 \text{ à } 146° \text{ C} \end{cases}$$

M. Mallard a constaté sur un autre échantillon du même gisement une dispersion nette, avec $\rho > v$ et a donné les nombres suivants ;

$$2\,\mathbf{H} = \begin{cases} \text{rouge } 73°6' \\ \text{bleu } 72° \end{cases} \quad \text{d'où } 2\,\mathbf{V} = \begin{cases} 64°12' \\ 62°18' \end{cases}$$

Très fréquemment, les lamelles de koupholite montrent en lumière polarisée parallèle de fines stries parallèles à *m* (110) se distinguant les unes des autres par des différences de biréfringence ; elles sont en relation avec des stries très fines sur *p* (fig. 2.)

M. des Cloizeaux a signalé autrefois de petites lamelles de 101° environ, incolores et parfois irisées, implantées sur quartz et pyrite et indiquées comme provenant des environs de Barèges. Ces lamelles étant identiques d'aspect à la koupholite, M. des Cloizeaux les a considérées comme appartenant à ce minéral et comme constituées par les faces $p\ e^1$ ($e^1\ e^1 = 99°\ 41'$) ; la bissectrice *négative* perpendiculaire à la lame, étant alors la bissectrice obtuse, avec axes extrêmement écartés.

En examinant à nouveau ce minéral, nous avons constaté, M. des Cloizeaux et moi, que ces lamelles n'appartenaient pas à la prehnite, mais bien à la barytine ; un essai chimique est venu confirmer cette manière de voir.

Propriétés électriques. La prehnite est pyroélectrique d'après les travaux d'Haüy, Riess, G. Rose et Hankel. MM. Friedel et de Gramont n'ont obtenu que des résultats négatifs dans de récentes expériences.

Composition chimique. Analyses :

a) de la prehnite du Bourg-d'Oisans, par Regnault (*A. M.* XIV. 154. 1838).

b) de la prehnite (*koupholite*) du Mont-Blanc, par Walmstedt (*Årsber. Kemi.* V. 220. 1825).

c) de la prehnite (*koupholite*) des Pyrénées, par Vauquelin (*J. M.* XII. 153. 1802.)

	a)	*b*)	*c*)
SiO^2........	44,50	44,71	48
Al^2O^3.......	23,44	23,99	24
Fe^2O^3.......	4,61	»	4
Mn^2O^3......	«	0,19	»
FeO........	«	1,25	23
CaO........	23,47	25,41	»
H^2O........	4,44	4,45	»
	100,46	100,00	99

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, la prehnite se gonfle, s'exfolie et fond facilement en un émail bulleux blanc ou jaunâtre. La koupholite noircit, dégage une odeur empyreumatique, puis blanchit.

Cette propriété est due sans doute à la combustion des matières organiques, emmagasinées par les fibres d'asbeste qui accompagnent presque toujours les lamelles de koupholite.

Dans le matras, la prehnite ne subit aucune altération lorsqu'on la chauffe à la flamme de l'alcool ; ce n'est qu'à une température plus élevée qu'elle laisse dégager son eau.

Diagnostic. Les formes des cristaux, les groupements conchoïdes sont très caractéristiques de la prehnite. Quand elle se trouve en masses fibrolamellaires, sa ténacité, la difficulté avec laquelle elle s'attaque par les acides, la font aisément distinguer des zéolites qui l'accompagnent parfois et avec lesquelles elle présente quelques caractères communs (notamment au chalumeau). La position de la bissectrice aiguë positive perpendiculaire à la face d'aplatissement (clivage facile *p*) rend le diagnostic plus certain.

Dans les lames minces de roche, la prehnite forme des sphérolites et des plages palmées qui, en lumière polarisée parallèle, prennent souvent un aspect moutonné. La haute biréfringence de ce minéral lui donne une place à part parmi les produits secondaires incolores et le rapproche de la thomsonite dont il se distingue par sa réfringence plus grande ; de plus, la thomsonite est presque toujours allongée et fibreuse, avec un allongement de signe tantôt positif, tantôt négatif.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La prehnite se rencontre dans divers gisements :

1° Dans les druses des schistes cristallins, des roches paléozoïques métamorphisées par le granite ou la granulite, ou enfin dans celles de ces dernières roches ;

2° Dans diverses roches éruptives plus ou moins basiques (***basaltes*** (***mélaphyres***), ***andésites***, ***labradorites*** (***porphyrites***) ; ***diabases***, ***diorites***), comme produit secondaire.

3° Dans des gisements métallifères et particulièrement dans ceux qui renferment du cuivre natif.

Nous n'aurons à l'étudier que dans les deux premiers genres de gisement.

1° Dans les druses des schistes cristallins, des roches modifiées par le granite ou la granulite, ou dans celles de ces roches éruptives.

C'est dans ce genre de gisement que l'on rencontre en France la prehnite en plus grande abondance ; c'est lui seul qui fournit les cristaux que nous allons décrire ; ils sont souvent accompagnés d'axinite, d'épidote, d'asbeste, de quartz hyalin et de calcite.

Bretagne. — *Morbihan.* M. de Limur a signalé (*op. cit.*) l'existence de la prehnite dans les fissures des gneiss amphiboliques et pyroxéniques des falaises de Billiers. J'ai moi-même étudié les échantillons que m'a remis ce savant (*B. S. M.* X. 1889 et *Bul. Sc. nat. Ouest.* I. 1891). Dans ce gisement la prehnite, rarement acccompagnée d'axinite, forme des masses blanc verdâtre à structure grossièrement lamellaire. Je n'ai pas eu l'occasion d'y observer de cristaux distincts.

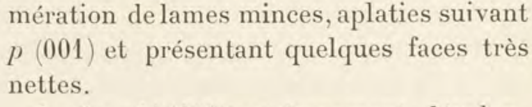
J'ai trouvé le même minéral dans le gneiss à pyroxène de Roguédas.

Loire-Inférieure. La prehnite a été signalée par Dubuisson et M. Baret (*op. cit.*) dans les fissures des amphibolites de Saint-Herblain.



Fig. 3.
Prehnite de Basse-Indre.

MM. Baret et Enault m'ont remis des échantillons recueillis près de la gare de Basse-Indre. Le minéral, d'un blanc légèrement verdâtre, est creusé de géodes que tapissent des mamelons cristallins, formés par l'agglomération de lames minces, aplaties suivant p (001) et présentant quelques faces très nettes.



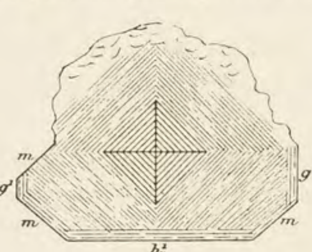


Fig. 4.
Lame p (001) de la prehnite de Basse-Indre.

La face h^1 (100) est largement développée, toujours accompagnée de m (110) et de g^1 (010). Les petits cristaux sont allongés suivant l'arête $p\ h^1$ (001) (100) (fig. 3) et présentent quelquefois en outre a^2 (102) et a^1 (101).

Ils portent sur p (001) des stries parallèles à l'arête $p\ h^1$ (001) (100) et parfois aussi de fines cannelures parallèles à m (110), correspondant à une pyramide extrêmement surbaissée (fig. 4).

J'ai trouvé la prehnite en très petite quantité dans les gneiss basiques de la côte de Ville-ès-Martin, près Saint-Nazaire, ainsi que dans ceux de la carrière de la Ramée, près Saint-Viaud. Dans cette dernière localité, la prehnite blanche forme de petites croûtes mamelonnées, hérissées de pointements cristallins. Le même minéral se trouve dans les mêmes conditions au Four-au-Diable, près Nantes.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. M. Frossard m'a signalé la prehnite associée à l'asbeste dans une granulite (?) du col de Sesque, près des Eaux-Chaudes.

Hautes-Pyrénées. Le gisement de prehnite le plus anciennement connu dans les Pyrénées et celui qui a fourni les plus beaux échantillons est la Piquette déras lids, près Barèges.

La prehnite s'y est rencontrée dans les druses des schistes et calcaires paléozoïques modifiés par le granite dont il a été plusieurs fois question déjà dans cet ouvrage.

Elle y a été signalée pour la première fois par Dolomieu (*J. P.* 307. 1798) et par Picot de Lapeyrouse (*op. cit.* 433). Elle s'y présente sous deux formes.

La première rappelle la prehnite de l'Oisans, qui sera décrite plus loin. Les cristaux, atteignant 1^{cm} de côté, ont généralement les formes suivantes : p (001), m (110), avec souvent g^1 (010) et plus rarement h^1 (100) ; ils sont incolores ou légèrement verdâtres ; ils accompagnent souvent l'axinite et sont implantés sur ce minéral. Quand ils sont bien transparents, l'axinite violette qu'ils recouvrent leur donne une légère teinte violacée. L'épidote vert jaunâtre et l'albite en cristaux blancs laiteux se joignent souvent aux deux minéraux précédents.

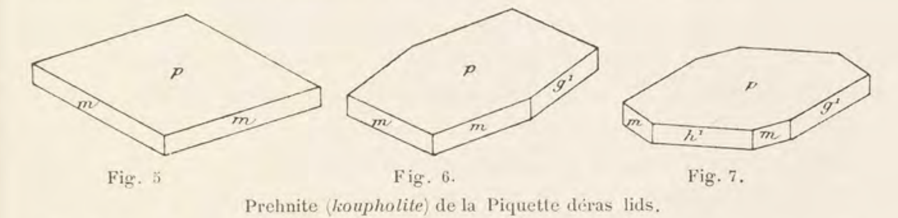


Fig. 5 Fig. 6. Fig. 7.

Prehnite (*koupholite*) de la Piquette déras lids.

Enfin quelques échantillons présentent les groupements en gerbes ou en casques, analogues à ceux de la prehnite de l'Oisans.

La seconde variété est celle dont il a été question plus haut et qui a reçu de Picot de Lapeyrouse le nom de *koupholite*.

Les lames p m (fig. 5), p m g^1 (fig. 6), ou p m g^1 h^1 (fig. 8) sont excessivement minces ; elles s'enchevêtrent pour former des masses spongieuses d'une délicatesse et d'une fragilité extrêmes. Cette variété est parfois associée à l'épidote et à l'albite, elle recouvre généralement ces minéraux ; elle est en outre intimement mélangée à de l'asbeste.

De gros cristaux de calcite transparents, rappelant le spath d'Islande, ont été trouvés dans ce gisement englobant ou supportant des lamelles de koupholite. Le petit nombre d'échantillons que j'ai eus à ma disposition n'étaient pas accompagnés d'axinite.

Charpentier (*op. cit.* 136) rapporte que Picot de Lapeyrouse a découvert la prehnite auprès de l'étang de Léou, au nord de Barèges ; il considère la gangue de ce minéral comme étant le granite.

Cette observation a été souvent reproduite depuis lors, avec l'indication inexacte d'étang de Léon ; *Léou* est le nom donné autrefois au lac Bleu (dans le massif du pic du Midi).

J'ai montré plus haut que cette région était constituée par des calcaires et des schistes (*précambriens* ou *paléozoïques*), métamorphisés par la granulite. J'ai pu, grâce à l'obligeance de M. Caralp, examiner les échantillons de la collection de Picot de Lapeyrouse et constater que leur gangue est formée par un schiste métamorphique, constitué par de l'amphibole en grandes lames, moulées par du quartz et du feldspath triclinique finement grenu, accompagné de petits cristaux de tourmaline bleue.

La prehnite de ce gisement se trouve donc dans des conditions analogues à celle de la Piquette déras lids. Elle se présente sous deux formes ; la première consiste en croûtes pouvant atteindre 2^{cm} d'épaisseur sur une grande surface. Elles sont constituées par de petits cristaux, aplatis suivant la base et offrant les faces p (001), m (110) et parfois g^1 (010) ; ils dépassent rarement 3^{mm} de côté ; généralement incolores ou verdâtres, ils sont parfois parfaitement transparents.

Souvent, un des côtés seulement de ces croûtes cristallines est formé de cristaux plus minces (à angles arrondis) et colorés en vert sale par des inclusions d'une chlorite peu biréfringente à un axe positif. La surface de ces cristaux est raboteuse comme celle de certains adulaires chloriteux du Saint-Gothard. Cette prehnite est accompagnée d'asbeste.

La deuxième forme, observée dans ce gisement, consiste en masses compactes, creusées de cavités, renfermant des cristaux qui atteignent 9^{mm} suivant la grande diagonale de la base et offrent des groupements

en éventails identiques à la *prehnite casquée* de l'Oisans, représentée par la figure 8. Ces cristaux sont accompagnés de quartz.

La carrière de Rioumaou, située sur la route de Luz à Gavarnie, peu après le pont de Saint-Sauveur, était célèbre parmi les minéralogistes du commencement du siècle par les minéraux de cobalt et de nickel qu'y découvrirent Gillet de Laumont et Lelièvre. Ces savants trouvèrent en même temps une variété de prehnite identique à la koupholite de la Piquette déras lids (Ramond, *Voy. au Mont-Perdu*. 206. 1801).

D'après Charpentier (*op. cit.* 275), elle formait de petits nids dans les calcaires paléozoïques ; elle était très fragile et les échantillons s'effritaient rapidement à l'air. Les lames que j'ai pu étudier, grâce à l'obligeance de M. Frossard, ont les mêmes propriétés que celles de la koupholite de la Piquette déras lids.

Ce minéral ne se rencontre plus dans ce gisement où j'ai recueilli récemment de très beaux cristaux de *brewstérite*, en même temps qu'une petite quantité de *stilbite* et de *heulandite*.

M. Frossard m'a signalé la prehnite dans le granite du pic de Péguères à Cauterets, ainsi que dans la vallée de Lesponne ; je manque de renseignements sur la nature géologique de ce dernier gisement.

Je dois à l'obligeance de M. Gourdon la communication d'un intéressant échantillon de prehnite qu'il a recueilli dans les fissures d'un schiste paléozoïque du pic de Sarrouyès (vallée de Louron). Les cristaux p m sont nets, parfois groupés en gerbes et accompagnés de longs cristaux de zéolites qui seront étudiés plus loin.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme*. J'ai trouvé, en petite quantité, de la prehnite mamelonnée dans les cipolins des gneiss de Savenne. Elle englobe de petits cristaux de zoïsite.

Alpes. — *Savoie* (Massif du Mont-Blanc). La prehnite se rencontre dans le massif du Mont-Blanc, au dôme du Goûter, dans la partie sud du glacier des Bossons et au col du Bonhomme, en cristaux lamellaires $p(001)$, $m(110)$ et quelquefois $g^1(010)$, rappelant beaucoup la koupholite de la Piquette déras lids.

Les échantillons que j'ai eus à ma disposition sont blanc verdâtre ou blanc un peu jaune. Ces cristaux de prehnite recouvrent du quartz hyalin ou des cristaux d'axinite d'un violet pâle et sont souvent accompagnés de ripidolite (glacier des Bossons). Ils proviennent des fentes des schistes cristallins métamorphisés par le granite (*protogine*), étudié récemment par M. Michel Lévy (*B. C. F.*, n° 9, 1890).

Isère. — Le Dauphiné est la région française qui a fourni les plus beaux cristaux de prehnite. La plus ancienne mention qui en ait été faite se trouve dans Romé de l'Isle (*op. cit.* 1783, II. 276) qui dit au sujet de la *chrysolite* du Cap de Bonne-Espérance, décrite peu avant par Sage (*Eléments de minéral.* I. 223. 1771) : « Je tiens de M. de Bournon quelques échantillons d'un schorl prismatique strié qu'il a trouvé dans les montagnes du Bourg-d'Oisans en Dauphiné. Ce schorl qui est très dur ne diffère de la chrysolite du Cap de Bonne-Espérance que par sa couleur moins décidée et par la roche argileuse qui lui sert de base. Les cristaux en sont également entrelacés d'une manière très confuse. »

Haüy (*J. M.* 277. an V) cite aussi le minéral en ces termes : « On a réuni à la prehnite [1] du Cap sous le nom de *prehnite de France* une substance qui paraît avoir de grands rapports avec elle et qui accompagne le prétendu schorl blanc [albite] du Dauphiné. On la trouve en lames rhomboïdales blanches..., en lames groupées qui divergent comme les rayons d'un éventail, c'est la prehnite *flabelliforme*; et en faisceaux de lames curvilignes divergentes, c'est la prehnite *conchoïde.* »

Plus tard, le même auteur précise le gisement et dit (*op. cit.* III. 167. 1801) : « La prehnite de France a été trouvée vers l'an 1782 par le citoyen Schreiber, inspecteur des mines, dans le pays d'Oisans, à la montée du chemin qui conduit à La Rivoire, hameau de la commune de Mons-de-Lens... le citoyen Schreiber la nomme schorl en gerbes. »

Les plus beaux échantillons de prehnite de l'Oisans proviennent des environs de Saint-Christophe ; on les trouve sur la rive gauche de la gorge du Diable, à La Combe de la Selle, un peu en amont du chalet de la Selle.

Les cristaux nets sont peu abondants, tantôt presque incolores ou jaunâtres, tantôt vert clair; ils sont transparents ou translucides. La forme la plus habituelle est p (001) m (110) avec ou sans g^1 (010) et h^1 (100). Les cristaux les plus nets que j'ai eu l'occasion d'étudier forment des croûtes d'un blanc un peu verdâtre, constituées par des cristaux enchevêtrés, aplatis suivant p (001). Ils présentent les formes reproduites par les figures 5 à 7, mais sont beaucoup plus épais suivant la direction de l'axe vertical.

1. Le nom de prehnite avait été créé par Lamétherie en 1797 (*Sciagraphie.* I. 305).

Ces cristaux se trouvent dans des filonnets, traversant les amphibolites granutilisées ; ils sont perpendiculaires ou obliques à leur schistosité. On les trouve soit seuls, soit associés à de l'asbeste, de l'épidote jaune brunâtre, de l'axinite, de l'orthose, de l'albite et de la calcite.



Fig. 8.
Prehnite conchoïde et flabelliforme de La Combe de la Selle.

Indépendamment des cristaux nets et des groupements flabelliformes et conchoïdes, représentés par la figure 8, on rencontre souvent dans ce gisement des masses cristallines, translucides, à surfaces plus ou moins planes, résultant du remplissage total des fissures des amphibolites.

En outre du gisement précédent, la prehnite se trouve dans un grand nombre de points des environs du Bourg-d'Oisans. Le plus souvent, elle y est aussi associée à l'asbeste, à l'axinite, au quartz, à l'albite et à l'orthose.

On peut citer notamment : les rochers d'Armentier au-dessus du hameau du Vernis, les environs d'Auris et surtout la Balme ; puis, sur la rive gauche de la Romanche, divers points de la Rampe des Commères, de la Rivoire en Mont de Lans.

Ces divers gisements ne fournissent plus à l'heure actuelle que fort peu d'échantillons, tandis que celui de La Combe de la Selle est encore assez riche.

Algérie. — *Alger*. La collection de l'École des Mines renferme des échantillons de prehnite fibrolamellaire blanche, sans cristaux mesurables, provenant des alentours du fort des Anglais près Alger. Ils recouvrent un schiste chloriteux.

(*b*) *Dans les roches basiques.*

La prehnite n'est pas rare comme produit secondaire dans les diabases ophitiques (*ophites*) des Pyrénées. Les cristaux y sont peu com-

muns. Je ne connais la prehnite, en France, que dans une seule roche microlitique, dans l'andésite (*porphyrite*) d'Arudy.

Landes. M. Frossard a signalé de la prehnite dans la roche ophitique de Mouras en Narrosse.

Basses-Pyrénées. L'andésite d'Arudy (postcrétacée d'après MM. Seunes et Beaugey) renferme d'assez nombreuses zéolites dont j'ai pu examiner quelques échantillons, grâce à l'obligeance de M. de Limur. L'*analcime* s'y présente parfois transformée en *prehnite*. L'examen microscopique fait voir que la prehnite forme de grandes plages palmées, sans relation cristallographique avec le minéral primordial.

Charpentier (*op. cit.* 496) a décrit des cristaux p (001), m (110), g^1 (010), tapissant les cavités de masses d'un vert jaune pâle du même minéral qui remplissent de petites fentes d'une roche ophitique, rencontrée sur les bords du ruisseau Casten-Erreca (ruisseau des Châtaignes), dans la vallée de Baigorry.

Le même auteur signale la prehnite dans les mêmes conditions dans le vallon de Bourdalet de Loubie, entre Bruges et la vallée d'Ossau. Dans ces deux derniers gisements, la prehnite est accompagnée de pyrite cuivreuse.

La prehnite, en gerbes analogues à celles de l'Oisans ou en masses fibrolamellaires vert pomme, a été signalée par Charpentier (*op. cit.* 406) dans une roche ophitique située au-dessous du village de Cervetto, dans un ravin latéral de la vallée de Gistain [Aragon]. La couleur verte de cette prehnite est due sans doute à la décomposition de la pyrite cuivreuse qui l'accompagne.

Hautes-Pyrénées. La diabase ophitique de Gerde près Bagnères-de-Bigorre renferme en petite quantité, d'après M. Frossard, de la prehnite blanche fibrolamellaire.

Ariège. J'ai recueilli de gros sphérolites, de petits cristaux en gerbe et des masses fibrolamellaires de prehnite blanche ou verte, dans la diabase ophitique que coupe le sentier, montant d'Arnave à la chapelle de Saint-Paul, sur la montagne de Bompas. Elle y est accompagnée de calcite en rhomboèdres e^1 $(02\bar{2}1)$.

AXINITE[1]

H (Ca, Fe, Mn)^3 Al^2 B Si^{14} O^{16} (Rammelsberg)

Triclinique : $mt = 135°26'$ (Dx.)

$b : c : h = 1000 : 436.096 : 546,448$. $D = 660.958$. $d = 397,859$.

angle plan de la base . . 129°41′52″
angle plan de m . . . . 81°44′40″
angle plan de t . . . . 128°55′16″

$$\left[\begin{array}{ccc} & a : b : c = 0,60194 : 1 : 8,82675 & \\ xy = 140°20' & yz = 131°32' & zx = 44°42' \\ Z = 131°39' & X = 93°10' & Y = 134°33' \end{array}\right]$$

Formes observées. — p (001) ; m $(1\bar{1}0)$, ^2h $(3\bar{1}0)$, h^1 (100), $h^{3/2}$ (510), h^2 (310), h^3 (210), $h^{9/2}$ (11.7.0), t (110), g^1 (010), ^2g $(1\bar{3}0)$; o^1 (101) ; i^1 (011), e^1 $(0\bar{1}1)$.

c^5 $(\bar{1}.1.10)$, c^2 $(\bar{1}14)$, c^1 $(\bar{1}12)$, $c^{1/2}$ $(\bar{1}11)$; f^1 (112) ; $\gamma = (e^1 f^{1/2} g^1)$ $(\bar{1}32)$; $x = (e^1 f^{1/4} g^{1/2})$ $(\bar{3}54)$, $z = (c^1 f^{1/3} g^1)$ $(\bar{1}21)$;
$\beta = (c^1 f^{1/4} g^{1/2})$ $(\bar{1}22)$, $\varepsilon = (c^1 f^{1/4} g^{1/3})$ $(\bar{3}56)$, $\zeta = (c^1 f^{1/4} g^{1/10})$ $(\bar{3}55)$;
$\alpha = (d^{1/2} b^{1/4} g^1)$ $(1\bar{3}1)$, $d = (d^{1/2} b^{1/4} g^{1/2})$ $(1\bar{3}2)$, $k = (d^{1/4} b^{1/6} g^{1/2})$ $(1\bar{5}2)$.

J'ai adopté la forme et les paramètres donnés par M. des Cloizeaux dans son *Manuel de Minéralogie* (I. 515). Vom Rath (*P. A.* CXXVIII. 20 et 227. 1866) et M. Schrauf (*Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien.* LXII. oct. 1870) qui ont étudié l'axinite de l'Oisans ont adopté des formes primitives différentes. En raison de l'importance de leurs mémoires, je donnerai ici la correspondance des formes dans le système de ces deux savants et dans celui que j'ai adopté :

Notations adoptées.		vom Rath.	Schrauf.
p	(001)	r $(1\bar{1}0)$	r $(1\bar{1}1)$
m	$(\bar{1}10)$	P $(\bar{2}01)$	c (001)
^2h	$(\bar{3}10)$	h $(73\bar{2})$	h (113)
h^1	(100)	l $(53\bar{1})$	l (112)
$h^{3/2}$	(510)	β $(13.9.\bar{2})$	β (335)
h^2	(310)	h^2 $(86\bar{1})$	H (223)
h^3	(210)	x $(11.9.\bar{1})$	x (334)

1. Voir *Supplément*. T. IV, 733.

Notations adoptées.		vom Rath.	Schrauf.
$h^{9/2}$	(11.7.0)	$h^{9/2}$ $(31.27,\bar{2})$	K (9.9.11)
t	(110)	u (110)	u (111)
g^1	(010)	v (131)	M (110)
^2g	$(1\bar{3}0)$	w $(\bar{1}32)$	w $(11\bar{1})$
o^1	(101)	i $(\bar{8}01)$	i (203)
i^1	(011)	x (401)	x (201)
e^1	$(0\bar{1}1)$	n $(\bar{2}61)$	n $(0\bar{2}1)$
c^5	$(\bar{1}.1.10)$	$(13.\bar{1}\bar{5}.1)$	L $(5\bar{5}4)$
c^2	$(\bar{1}14)$	z $(4\bar{6}1)$	z $(2\bar{2}1)$
c^1	$(\bar{1}12)$	m $(1\bar{3}1)$	m $(1\bar{1}0)$
$c^{1/2}$	$(\bar{1}11)$	c $(13\bar{2})$	c $(\bar{1}11)$
f^1	(112)	s (100)	s (101)
$\gamma=(c^1 f^{1/2} g^1)$	$(\bar{1}32)$	g (101)	a (100)
$\beta=c^1 f^{1/3} g^{1/2})$	$(\bar{1}22)$	f $(1\bar{1}1)$	f $(3\bar{1}0)$
$\varepsilon=(c^1 f^{1/4} g^{1/3})$	$(\bar{3}56)$	g $(2\bar{3}2)$	g $(2\bar{1}0)$
$\zeta=(c^1 f^{\ /4} g^{1/10})$	$(\bar{3}55)$	ζ $(5\bar{9}8)$	ζ $(\bar{7}31)$
$x=(c^1 f^{1/4} g^{1/2})$	$(\bar{3}54)$	o $(1\bar{3}4)$	o $(\bar{3}11)$
$z=(c^1 f^{1/3} g^1)$	$(\bar{1}21)$	c (001)	y $(\bar{2}01)$
$\alpha=(d^{1/2} b^{1/4} g^1)$	$(1\bar{3}1)$	t $(\bar{5}94)$	t $(13\bar{3})$
$d=(d^{1/2} b^{1/4} g^{1/2})$	$(1\bar{3}2)$	d $(\bar{2}31)$	d $(0\bar{1}1)$
$k=(d^{1/4} b^{1/6} g^{1/2})$	$(1\bar{5}2)$	k $(\bar{1}31)$	x $(13\bar{2})$

On voit par ce tableau que vom Rath a pris pour p, m, t nos faces z, p, t et M. Schrauf nos faces $m\,c^1\,g^1$.

Dans le tableau d'incidence qui suit, les abréviations Dx., M., R. sont mises en regard des mesures prises par MM. des Cloizeaux, Marignac et vom Rath (moyennes) sur des cristaux de l'Oisans. Mes propres mesures ont été prises sur des cristaux des Pyrénées (Lx [1].) et de l'Oisans (Lx.).

	Angles calculés.	Angles mesurés.
mt	135°26′	135°15′ (R.)
		18′ (Lx.)
mh^1	151° 1′	150°50′ (Lx.)
th^1	164°25′	164°24′ (R.)
		21′ (Lx.)
mg^1 (sur ^2g)	77°20′	77°27′ (M.)
		29′ (R.)
		30′ (Lx.)
tg^1 (adj.)	147°14′	147°10′ (R.)
		14′ (M.)
		18′ (Lx.)
g^1h^1 (sur t)	131°39′	131°20′ (M.)
$th^{9/2}$ (adj.)	175°27′	175°46′ (Lx.)
		56′ (R.)

	Angles calculés.	Angles mesurés.
$h^{9/2}m$ (sur h^1)	139°59′	140° (Dx.)
$g^1h^{9/2}$ (sur t)	142°41′	142°43′ (M.)
		143° 1′ (Lx.)
th^3	173°28′	173°14′ (R.)
h^2m (sur h^1)	144°40′	145° (Dx.)
g^1h^2 (sur t)	138° 0′	137° à 139′ (M.)
$th^{3/2}$	168°25′	168°12′ (R.)
		54′ (Lx.)
^2gm	119°30′	119°39′ (R.)
		25′ (Lx.)
$^2gg^1$ (adj.)	137°50′	137°48′ (M.)
		52′ (R.)

	Angles calculés.	Angles mesurés.
po^1 (ant.)	143°28′	143° env. (Dx.
ph^1 (ant.)	124°33′	124°27′ (Lx.
pi^1 (adj.)	139° 6′	139 à 139°8′ (R.
		8′ (Lx.
pg^1 (sur i^1)	93°10′	93° 4′ (M.
		21′ (Lx.
i^1g^1 (adj.)	134°3′	134° 2′ (R.
		20′ (Lx.
pe^1 (adj.)	136°14′	136°24′ (R.
		18′ (Lx.
e^1g^1 (sur p)	49°23′	49°21′ (R.
e^1i^1 (sur g^1)	84°40′	84°44′ (Lx.

	Angles calculés.	Angles mesurés.
pm (ant.)	134°85′	134°35′ (Lx.)
		40′ (Lx.[1])
		42′ (R.) 48′ (M.)
pc^5 (adj.)	173°41′	174° (M.)
		2′ (Lx.)
pc^2 (adj.)	161°40′	161°38′ (Lx)
		46′ (R.)
		162° (M.)
pc^1 (adj.)	135°21′	135°21′ (Lx.)
		22′ (M.)
		31′ (R.
$pc^{1/2}$ (adj.)	90°33′	90°32′ (R.)
c^2m (adj.)	64°10′	63°44′ (R.)
		64° (Lx.)
c^1m (adj.)	89°51′	89°43′ (R.)
		50′ (M.)
$c^{1/2}m$	134°39′	134°39′ (R.)
c^1c^2	154°19′	153°53′ (R.)
$c^2c^{1/2}$	109°30′	109° 9′ (R.)
$c^1c^{1/2}$	135° 2′	135°16′ (R.)
pf^1 (adj.)	143°30′	143°30′ (M.)
		19′ (Lx.)
pt (an).)	115°30′	115°30′ (M.)
		26′ (Lx) 28′ (Lx.)
f^1t (ant.)	152° 0′	151°58′ (R.)
		152° 2′ (Lx1.)
px	69°53′	69°48′ (M.)
		53′ (R.)
$p\varepsilon$	135°28′	135°28′ (R.)
εx	154°45′	154°44′ (R.)
$p\gamma$ (adj.)	121° 7′	121° 3′ (R.)
p^2g (sur γ)	64°10′	64° 5′ (R.)
γ^2g (adj.)	123° 4′	122°′53 (M.)
$p\alpha$	135°53′	135°15′ (R.)
^2gd	148°13′	148°11′ (R.)
h^1f^1 (adj.)	158°24′	158°31′ (R.)
h^1c^1 (s. f^1)	86° 8′	86°25′ (M.)
f^1c^1 (adj.)	107°44′	108° 5′ (M.)
$i^1\beta$	141°20′	141°20′ (R.)
$i^1c^{1/2}$ (s. h^1)	99°11′	99° 6′ (M.)
$\beta c^{1/2}$ (s. h^1)	60°31′	60°33′ (M.)
g^1f^1	125°39′	125°32′ (R.)

	Angles calculés.	Angles mesurés.
$g^1\gamma$ (adj.)	139° 8′	139° 5′ (M.)
		8′ (R.)
$g^1\beta$ (sur γ)	116°55′	117°30′ (M.)
g^1c^1 (sur γ)	81°55′	82° 8′ (M.)
$\gamma\beta$	157°47′	157°49′ (R.)
$\beta\varepsilon$	169°11′	169°25′ (R.)
γc^1	122°47′	123° 3′ (R.)
εc^1	155°49′	155°49′ (R.)
g^1x (sur γ)	109°56′	110° 0′ (M.)
g^1z	124°18′	124°38′ (M.)
$g^1c^{1/2}$ (s. z)	75°18′	75°22′ (M.)
mo^1 (adj.)	155°27′	157° env. (M.)
mf^1 (s. o^1)	146°42′	146°34′ (R.)
		40′ (M.)
		45′ (Lx.)
mi^1 (s. o^1)	130°37′	130°28′ (R.)
		32′ (M.)
		38′ (Lx.)
f^1i^1 (adj.)	163°55′	163°41′ (Lx.)
		49′ (R.)
		164° 0 (Dx.)
$m\gamma$ (sur o^1)	100°49′	100°40′ (R.)
		46′ (M.)
		50′ (Lx.)
$f^1\gamma$	134° 7′	133°41′ (R.)
		134° (Lx.)
$i^1\gamma$	150°12′	150° 8′ (R.)
		23′ (Lx.)
i^1z	113°58′	113°48′ (Lx.)
γz	143°46	143°38′ (Lx.)
		54′ (R.)
mz (sur o^1)	64°35′	64°28′ (M.)
		30′ (Lx.)
		34′ (R.)
me^1 (adj.)	112°34′	112°32′ (M.)
		38′ (Lx.)
		41′ (R.)
mx (adj.)	107°43′	107°45′ (M.)
		48′ (R.)
βx	154°52′	154°56′ (R.)
$m\beta$ (sur x)	82°35′	82°42′ (M.)
te^1	104°48′	104° 8′ (R.)

	Angles calculés.	Angles mesurés.
ti^1 (adj.)	149°28′	149°25′ (R.)
		31′ (Lx.)
tc^1 (sur i^1)	84°19′	84°19′ (R.)
		51′ (M.)
i^1c^1 (adj.)	114°51′	115°15′ (M. et R.)
$t\gamma$ (adj.)	130°24′	130°20′ (R.)
tx (sur γ)	94°24′	94°24′ (R.)
$tc^{1/2}$ (sur γ)	55°5′	55° 4′ (M.)
		11′ (R.)
$\gamma c^{1/2}$ (adj.)	104°41′	104°54′ (M.)
$xc^{1/2}$ (adj.)	140°43′	140°45′ (M.)
		48′ (R.)
γx	143°58′	144°10′ (R.)
^2gz (adj.)	142°56′	142°53′ (R.)
		57′ (Lx.)
^2gx (sur z)	120°54′	120°50′ (Lx.)
		54′ (R.)
c^1x (adj.)	141°51′	141°44′ (M.)
c^1z	119°49′	119°59′ (R.)
$c^1\,{}^2g$ (sur z)	82°45′	82°44′ (M.)
zx	157°58′	157°45′ (Lx.)
		158° 1′ (R.)
c^1e^1	129°36′	129°36′ (R.)
		36′ (M.)
$^2ge^1$ (adj.)	147°39′	147°38′ (Lx.)
		43′ (R.)
$f^1c^{1/2}$	111°51′	111°38′ (M.)
$^2gc^{1/2}$	104°54′	105° 8′ (M.)

Faciès des cristaux. Les cristaux d'axinite des gisements français présentent toujours les trois faces p (001), m $(1\bar{1}0)$, t (110) ; la face f^1 (112) manque rarement ; h^1 (100), i^1 (011), γ $(\bar{1}32)$ et x $(\bar{3}54)$ sont très fréquentes ainsi que les faces c^2 $(\bar{1}14)$, c^1 $(\bar{1}12)$, $c^{1/2}$ $(\bar{1}11)$.

Dans la zone verticale, g^1 (010) et ${}^2g$ $(\bar{1}30)$ se présentent assez souvent, les autres faces sont plus rares et peu développées.

Toutes les faces énumérées plus haut sont rares et petites.

On peut distinguer parmi les cristaux d'axinite que nous avons à étudier ici les quatre types suivants :

1° *Type commun.* Le type le plus fréquent est celui qui résulte de l'égal développement des faces p (001), m $(1\bar{1}0)$ et t (110) ; c'est celui que l'on trouve d'ordinaire en Oisans et dans quelques gisements des Pyrénées (fig. 1), ainsi qu'à Kongsberg et à Santa-Maria de Lukmanier (Grisons).

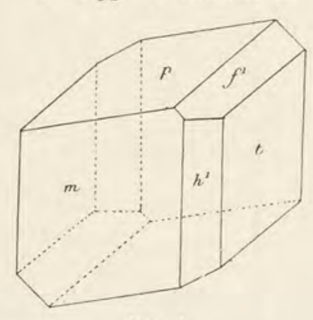


Fig. 1.
Axinite *type commun.*

2° *Type Armentier.* Les cristaux de ce type se sont rencontrés autrefois au rocher d'Armentier près du Bourg-d'Oisans, on ne les voit guère que dans les vieilles collections. Par suite du développement à peu près égal des faces p (001), m $(1\bar{1}0)$, t (110) et i^1 (011) ces cristaux ont la forme d'octaèdres irréguliers, très aplatis et terminés par une large face f^1 (112) (fig. 32).

3° *Type Arbizon.* Les cristaux d'axinite de l'Arbizon sont très aplatis suivant p (001) (fig. 8 à 10) et rappellent comme développement certains cristaux de Bottalak en Cornwall. Ces cristaux s'empilent souvent et forment des masses laminaires ou même de véritables roches. Dans l'Oisans, on trouve des cristaux également aplatis suivant p (001), mais en général beaucoup plus épais ; ces cristaux sont souvent riches en faces (fig. 2).

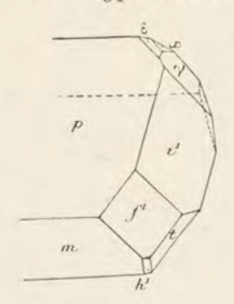


Fig. 2.
Axinite de l'Oisans aplatie suivant p (100).

4° *Type Piquette déras lids.* Les cristaux de ce type, que j'ai trouvés en assez grande abondance dans quelques échantillons de la Piquette déras lids et qui se rencontrent aussi dans l'Oisans, sont allongés suivant l'axe

vertical. Ils ont la forme de lames de canif très minces, à arêtes très tranchantes (fig. 11 et 12).

Un grand nombre des faces de l'axinite présentent des stries assez caractéristiques, mais n'existant pas toujours.

La face p (001) est généralement striée parallèlement à l'arête $p\,m$ (011) (1$\bar{1}$0) (fig. 3); elle porte souvent aussi de fines petites stries parallèles aux faces i^1(011), e^1(0$\bar{1}$1) et f^1 (112).

m porte des stries nombreuses, parallèles à l'axe vertical (fig. 3) et parfois aussi d'autres stries parallèles à l'arête mf^1 (1$\bar{1}$0) (112). En général, ces stries ne se croisent pas et on les observe à des extrémités différentes de la face (fig. 31 et 34). M. des Cloizeaux a signalé en outre des stries parallèles à l'arête $m\,e^1$ (1$\bar{1}$0) (0$\bar{1}$1).

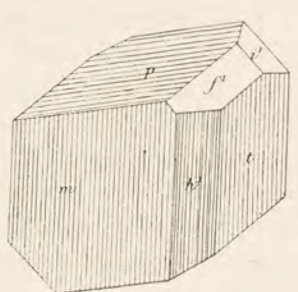


Fig. 3.
Axinite montrant les stries les plus fréquentes.

Les autres faces de la zone verticale sont striées parallèlement à l'axe vertical; les faces t (110), g^1 (010) et ${}^2g$ (1$\bar{3}$0) en sont souvent dépourvues (fig. 7).

Les faces c^5 ($\bar{1}$.1.10), c^2 ($\bar{1}$14), c^1 ($\bar{1}$12), $c^{1/2}$ ($\bar{1}$11) portent des stries parallèles à leur arête de zone, c^1 est parfois terne.

Enfin les faces f^1 (112), i^1 (011), γ ($\bar{1}$32) sont parfois striées ou ondulées parallèlement à leurs intersections mutuelles.

Quand la face h^1 (100) manque, les stries des faces p et m sont fort utiles pour l'interprétation des cristaux d'axinite. Quand ces stries n'existent pas, des mesures précises peuvent seules permettre d'orienter le cristal par suite des valeurs très voisines des angles pm (134°48′) et $m\ t$ (135°26′). Lorsque les faces x ($\bar{3}$54) et e^1 (0$\bar{1}$1) se rencontrent, elles facilitent l'orientation des cristaux. Les nombreuses figures données plus loin permettront au lecteur de s'en rendre compte.

Clivages. Clivages faciles suivant c^1 ($\bar{1}$12), g^1 (010) et ${}^2g$ (1$\bar{3}$0), interrompu suivant p (001); traces suivant m (1$\bar{1}$0) et γ ($\bar{1}$32) (Dx).

Cassure conchoïdale ou inégale. Le minéral est fragile.

Dureté. 6,5 à 7.

Densité. 3,29 à 3,30. Les cristaux de l'Oisans analysés par Rammelsberg (analyse *a*) avaient une densité de 3,295 qui s'est abaissée à 2,812 après fusion.

Coloration. Violet, parfois brunâtre, violet très pâle, rosé, brun

girofle, gris perle ou verdâtre. Poussière incolore. Le minéral est généralement transparent, plus rarement translucide.

Éclat vitreux très vif.

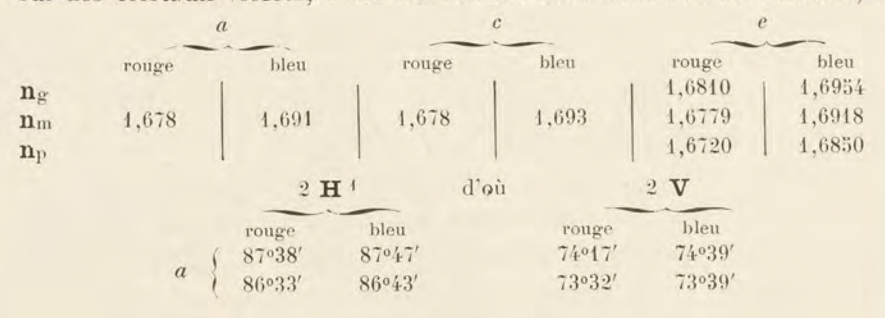
Inclusions. L'axinite de l'Oisans renferme souvent des inclusions de chlorite tout à fait identiques à celles qui ont été décrites dans la prehnite de la même région.

Les cristaux sont souvent rendus opaques par ces inclusions ; leur surface est alors raboteuse. Dans l'axinite qui se développe dans les fentes des calcaires modifiés des Pyrénées, on observe fréquemment des inclusions de calcite, de pyroxène, d'amphibole, de sphène, de quartz, etc.

Propriétés optiques. Bissectrice aiguë *négative*, sensiblement normale à i^1 (011). La trace du plan des axes optiques (n_g) fait dans cette face un angle de 40° avec l'arête $m\ i^1$ (1$\bar{1}$0) (011) et un angle de 24°40′ avec l'arête $p\ i^1$ (001) (011) (Dx.).

Fig. 4.
Section i^1 (011), perpendiculaire à la bissectrice aiguë négative.

Dispersion croisée presque nulle. Dipersion inclinée et horizontale notable (Dx.). La dispersion des axes, à peine sensible dans l'huile, est très forte dans l'air avec $\rho < v$. L'écartement des axes optiques est un peu variable dans les diverses plages d'un même cristal par suite d'entrecroisement de plusieurs individus cristallins. M. des Cloizeaux a constaté que la température modifiait très peu l'écartement des axes ; le même savant a donné les indices et angles suivants mesurés sur des cristaux de l'Oisans (*a*, *b* et *c* sont les mesures prises suivant les plages sur des cristaux violets, *d* et *e* sur des cristaux chlorités de l'Oisans) :



	a		*c*		*e*	
	rouge	bleu	rouge	bleu	rouge	bleu
n_g					1,6810	1,6954
n_m	1,678	1,691	1,678	1,693	1,6779	1,6918
n_p					1,6720	1,6850

	2 H[1]		d'où	2 V	
	rouge	bleu		rouge	bleu
a	87°38′	87°47′		74°17′	74°39′
	86°33′	86°43′		73°32′	73°39′

1. L'indice de l'huile était de 1,465 (rouge), et 1,479 (bleu).

	2 H		d'où	2 V	
b	84°7'			71°35'	
	83°20'	83°28'		70°57'	71°6'
c	82°15'			70°5'	
	84°11'	84°34'		71°38'	71°59'
d	84°24'	84°50'		71°48'	72°12'
e				71°38'	71°49'
Calculé d'après les indices.					

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est des plus nets dans les teintes violettes.

Dans des plaques épaisses de 3 millimètres on observe les teintes de pléochroïsme suivantes :

n_g = jaune olive clair.
n_m = violet intense.
n_p = brun cannelle.

L'intensité de ce pléochroïsme est variable avec les localités. Les cristaux qui le manifestent le plus énergiquement sont ceux du pic d'Arbizon [(variété aplatie suivant *p* (001)] qui sont parfois encore pléochroïques en lames de $0^{mm}02$. La teinte violette suivant n_m persiste seule, alors que, suivant n_g et n_p, le minéral est incolore.

Les sections perpendiculaires à un axe optique montrent avec une grande netteté le phénomène des houppes. Ces sections donnent à la loupe dichroscopique, d'après Bertin, une plage rose et une autre blanc jaunâtre.

Propriétés électriques. D'après les expériences récentes de MM. Friedel et de Gramont, effectuées par le procédé bien connu de M. Friedel, l'axinite ne serait pas pyroélectrique.

Composition chimique.

Analyses :

a) de l'axinite de l'Oisans par Rammelsberg (*P. A. L.* 371. 1840. *Mineral. Chem.* 545. 1875).

b) *id.* (*Z. d. G.* XXI. 692. 1869).

c) par Whitfield (*Am. J. of. Sc.* XXXIV. 281. 1887).

Je donne comme document les anciennes analyses de l'axinite de l'Oisans, faites avant la découverte de l'acide borique dans ce minéral.

d) Klaproth (*Hopfner's Magaz. Naturk. Helvetiens* I. 180. 1787. *Klaproth Beitr.* II. 118. 1797).

e) *id.* (V. 25. 1810).

f) Vauquelin (*J. M.* XII. 23. 17. 153. 1802).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	
SiO^2...	44,57	43,46	41,53	52,7	50,50	44	
B^2O^3...	4,50	5,61	4,62	»	»	»	
Al^2O^3..	16,37	16,33	17,90	25,6	16	18	
Fe^2O^3..	9,67	2,80	3,90	»	9,50	14	
FeO....	»	6,78	4,02	»	»	»	
MnO...	2,62	2,62	3,79	9,6 ($Mn^2O^3+Fe^2O^3$)	5,25 (Mn^2O^3)	»	
CaO...	20,19	20,19	21,66	9,4	17	19	
MgO...	1,73	1,73	0,74	»	»	»	
K^2O....	0,11	0,11	»	»	0,25	4	
H^2O...	»	1,45	2,16	»	»	1	(Perte)
	99,76	101,08	100,32	97,3	98,50	99	

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, se gonfle et fond facilement en une perle vert foncé, devenant noire au feu oxydant. Colore la flamme en vert, surtout lorsque le minéral est fondu avec un mélange de fluorine et de bisulfate de potasse. L'axinite est à peine attaquée par les acides, mais, après fusion, elle est facilement attaquée en faisant gelée.

Diagnostic. La forme de l'axinite est absolument caractéristique.

Dans les lames minces de roches, ce minéral en lumière polarisée parallèle prend des teintes de polarisation analogues à celles de l'orthose. Il s'en distingue facilement par sa réfringence assez élevée.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'axinite se rencontre dans trois sortes de gisements :

1° Dans les schistes cristallins et particulièrement dans leurs variétés pyroxéniques et amphiboliques, dans les roches sédimentaires anciennes, métamorphisées par le granite et la granulite, et plus rarement dans ces dernières roches. Dans la plupart des cas, l'axinite est un minéral de fumerolles ayant accompagné la venue des roches granitiques.

2° Dans les roches éruptives basiques anciennes (diabases, kersantites, gabbros) ou dans les sédiments modifiés par ces roches.

3° Dans des gisements métallifères.

Nous n'aurons à nous occuper ici que des deux premiers genres de gisement.

1° Dans les schistes cristallins, les roches sédimentaires modifiées par le granite et la granulite, et dans le granite lui-même.

C'est dans ce genre de gisement que se rencontrent tous les beaux cristaux d'axinite des gisements français. Ils tapissent des fissures ou des cavités de filonnets, généralement obliques ou perpendiculaires à la schistosité ; ils sont souvent accompagnés par de la prehnite, de l'albite, de l'asbeste, du quartz et de la calcite.

Les cristaux du Dauphiné, que l'on rencontre dans les filonnets traversant les amphibolites granulitisées, sont tellement identiques, comme forme et comme conditions de gisement, à ceux qui se trouvent dans les schistes et calcaires paléozoïques des Pyrénées, à proximité du granite, que j'ai cru devoir les traiter dans le même chapitre.

Dans ces deux cas, l'axinite me paraît devoir sa naissance à des fumerolles qui ont *suivi* l'intrusion des roches granitiques. La formation de l'axinite est toujours postérieure au métamorphisme exercé sur les schistes ou calcaires par ces roches éruptives.

Les conditions respectives de ces deux sortes de gisement seront décrites en tête des paragraphes concernant les Pyrénées et le Dauphiné.

Normandie. — *Orne*. Le tome III du *Dictionnaire d'histoire naturelle*, publié à Paris en 1816, porte l'indication (p. 177) de l'existence de l'axinite en cristaux violets, très brillants, dans la granulite d'Alençon. Cette observation n'a été reproduite depuis par aucun auteur et je n'ai trouvé trace de ce minéral dans aucune collection. M. Le Tellier, très versé dans tout ce qui concerne la minéralogie de cette région, n'a pas connaissance de ce minéral. Les indications de gisements de l'ouvrage, cité plus haut, étant généralement exactes, il y a lieu d'attirer l'attention sur ce fait qui sera peut-être vérifié par des observations ultérieures.

Bretagne. — *Morbihan*. Le seul gisement breton d'axinite est celui de Billiers que j'ai signalé récemment (*Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest*. I. 210. 1891) d'après les indications que je dois à M. de Limur.

L'axinite se rencontre dans les mêmes conditions que la prehnite étudiée page 270 dans les fentes des gneiss pyroxéniques et amphiboliques de la côte de Billiers. Elle y forme de petites veinules violacées dans lesquelles j'ai pu observer des cristaux fort mauvais: *p* (001), *m* (1$\bar{1}$0), *t* (100), aplatis suivant *m* (1$\bar{1}$0). Ils renferment des inclusions de sphène, d'actinote, d'épidote et de calcite. L'axinite massive de ce gisement présente une grande analogie avec quelques variétés de roches à axinite des Hautes-Pyrénées dont il sera question plus loin.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* L'axinite est très abondante dans plusieurs gisements des Hautes-Pyrénées ; les cristaux de cette région sont cependant peu connus et leurs conditions de gisement n'ont jamais été déterminées avec précision.

Je me suis efforcé d'élucider cette question sur laquelle je crois pouvoir donner des documents intéressants.

Dans sa *Notice de quelques minéraux des Pyrénées*, Picot de Lapeyrouse annonce (*J. P.* XXVI. 431. 1785) qu'en 1782, il a trouvé des cristaux de schorl violet rhomboïdal, à la Piquette déras lids (pic d'Ereslids), au cours d'un voyage fait en compagnie de Dolomieu. En 1784, se joignant à quatre collectionneurs de Paris, il envoya un individu de Toulouse pour explorer le gisement. Des échantillons furent trouvés en place et en blocs éboulés ; il en fut vendu à Barèges et c'est ainsi que la découverte de ce minéral put être signalée par un nommé Pelletier (*J. P.* XXVI. 66. 1785), un peu avant le mémoire de Picot de Lapeyrouse. Ce dernier savant indiqua l'analogie de ces cristaux avec ceux de l'Oisans et les décrivit comme pauvres en faces et associés à du quartz, de l'asbeste, de la prehnite et de la calcite.

Depuis lors, l'axinite de la Piquette déras lids a été signalée dans tous les traités de minéralogie sans description spéciale ; seul, M. Schrauf a étudié (*Sitz Akad. Wien.* LXII. 734. 1870) un échantillon donné en 1816 au Hofmuseum de Vienne ; les cristaux, analogues à ceux du Dauphiné, présentent les formes *p* (001), *m* (1$\bar{1}$0), *t* (110), h^1 (100), f^1 (112) et i^1 (011).

Le point où il est le plus facile d'étudier les conditions de gisement de l'axinite dans les Pyrénées est le cirque d'Arec, formé par les pics de Montfaucon et d'Arbizon. J'ai décrit pages 154 et 223 les intéressants phénomènes de métamorphisme que l'on observe au contact immédiat du granite et des calcaires dévoniens, transformés dans ces conditions

en roches silicatées, en grande partie constituées par du grenat grossulaire, accompagné d'idocrase.

J'ai pu constater en outre (*C. P.* CXV. 739. 1892) que, du granite, partent de petits filonnets minces d'axinite qui traversent lés calcaires modifiés. A une cinquantaine de mètres de la roche éruptive, l'axinite devient rare ou même disparaît complètement. L'axinite a été produite sous l'influence du granite, mais sa formation ne s'est effectuée que lorsque les roches sédimentaires étaient déjà métamorphisées, ainsi qu'il est facile de s'en assurer en suivant le trajet de ces filonnets, moulant les minéraux métamorphiques des calcaires. L'axinite est là un minéral de fumerolles ayant suivi l'intrusion du granite ; ces fumerolles ont eu parfois une action endomorphe et ont donné naissance au même minéral dans les fissures du granite lui-même.

Dans ce gisement, l'axinite se présente sous deux formes qu'il est facile de distinguer grâce à leur couleur ; l'une est transparente, d'un violet rose très pâle, l'autre à peine translucide, d'un violet très foncé. Leurs formes cristallines sont, du reste, différentes.

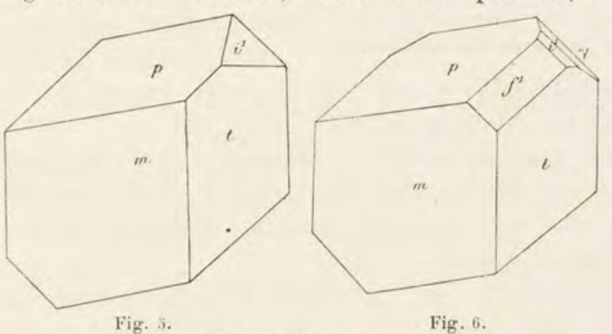


Fig. 5. Fig. 6.
Axinite du Pic d'Arbizon.

La première variété forme des filonnets, creusés de nombreuses géodes que tapissent de très jolis cristaux transparents, atteignant rarement 1 centimètre. Parfois ces cristaux sont engagés dans de la calcite laminaire dont on peut les isoler par l'action des acides. Ils sont très fragiles et ne sont pas accompagnés d'autres minéraux.

Ces cristaux sont généralement pauvres en faces (fig. 5 et 6) ; il n'est pas rare de trouver les faces p (001), m ($1\bar{1}0$) et t (110) seules avec parfois i^1 (011). Contrairement à ce qui se passe dans la plupart des autres gisements, f^1 (112) est souvent absente ou réduite à une facette linéaire, irrégulière. Souvent aussi, les cristaux présentent des cannelures profondes sur p (001) et toutes les faces de la zone verticale. Les faces γ ($\bar{1}32$) sont assez rares.

Dans un échantillon, j'ai cependant trouvé quelques petits cristaux, riches en faces, et présentant notamment la forme z ($\bar{1}21$) : ils sont représentés par la figure 7.

Ces cristaux, souvent parfaitement transparents, possèdent une couleur rosée pâle, très agréable à l'œil. C'est sans doute cette variété d'axinite qui a été signalée dans ce gisement par Charpentier (*op. cit.*)

Les cristaux sont implantés dans de l'axinite massive. Très fréquemment, ce minéral forme des masses fibrolamellaires (allongées suivant l'axe vertical) ayant jusqu'à un décimètre de longueur, entremêlées aussi d'asbeste ; elles sont localement creusées de cavités, renfermant de beaux cristaux souvent alignés en grand nombre avec une commune orientation.

Fig. 7.
Axinite du Pic d'Arbizon.

Cette variété d'axinite forme de petits filonnets minces, soit dans le granite lui-même, soit, plus rarement, dans les calcaires modifiés.

La seconde variété se rencontre exclusivement dans les roches métamorphiques. Elle y forme des filons ou des amas atteignant parfois un mètre de plus grande dimension ; souvent même, elle constitue une véritable rocher.

Cette axinite est d'un beau violet foncé ; elle forme rarement des cristaux nets : elle se présente en cristaux extrêmement aplatis suivant p (001) et fortement enchevêtrés ou empilés de façon à former des masses laminaires, généralement accompagnées d'actinote d'un beau vert. L'intervalle

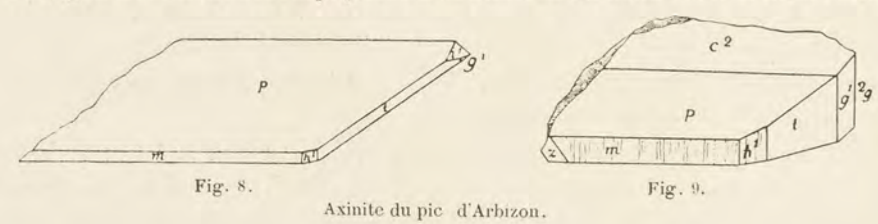


Fig. 8. Fig. 9.
Axinite du pic d'Arbizon.

des cristaux est rempli par de la calcite ; on observe parfois de fines bordures cristallines dans les géodes, obtenues par la dissolution du calcaire (dissolution accidentelle sur les surfaces exposées à l'air ou artificielle, par l'action d'un acide). On y constate l'existence des faces m ($1\bar{1}0$),

t (110), h^1 (100), g^1 (010), ${}^2g$ ($1\bar{3}0$) avec plus rarement i^1 (011), f^1 (112), γ ($\bar{1}32$), z ($\bar{1}21$) et x ($\bar{3}54$) presque toujours extrêmement petites et arrondies. Ces cristaux se rapprochent du type de ceux de Botallak. Ils sont souvent colorés en jaune rougeâtre par des infiltrations de produits ferrugineux.

Les fig. 8 à 10 représentent les formes les plus habituelles de ces cristaux.

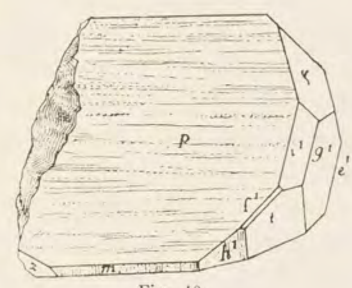


Fig. 10.
Axinite du pic d'Arbizon.

Parfois ils sont plus petits, la calcite devient plus rare ou disparaît et l'on est conduit à une véritable roche très dure, très tenace, qui n'est autre que celle décrite par Zirkel sous le nom de *limurite*, d'après des échantillons erratiques, recueillis par MM. de Limur et Frossard dans le lit de l'Adour (*N. J.* 1879.379).

Cette roche est essentiellement constituée par de l'axinite, formant des plages enchevêtrées dont les intervalles sont remplis, suivant les gisements, par de la calcite, du quartz ou de l'épidote. L'axinite englobe de grands cristaux de pyroxène, généralement ouralitisé en une amphibole vert clair : le sphène est surtout abondant soit en cristaux distincts, soit en plages irrégulières, entourant du rutile ou de l'ilménite. L'axinite est parfois creusée de cavités irrégulières, remplies par de la calcite, de l'épidote ou du feldspath triclinique, offrant une même orientation sur une grande surface et formant, par suite, avec l'axinite, une sorte de pegmatite graphique. L'amphibole (actinote) et la pyrite sont fréquentes comme minéraux drusiques.

Ces roches à axinite ne constituent pas à proprement parler un type pétrographique défini, mais varient souvent d'un échantillon à l'autre, suivant les conditions particulières de leur gisement.

L'axinite se trouve, dans les mêmes conditions qu'au Pic d'Arbizon, sur toute la lisière nord du massif granulitique du Néouvielle, sur une longueur de plus de 30 kilomètres. On la rencontre en abondance dans tous les ravins qui, à partir du col du Tourmalet, viennent s'ouvrir dans la vallée du Bastan. Ces ravins, dirigés sud-nord, sont séparés les uns des autres par le pic d'Espade, par les monts Campana et de Caubère et enfin la Piquette déras lids et le pic d'Ayré. Ils sont fort instructifs à visiter à leur point de jonction avec la vallée du

Bastan ; ils y sont en effet taillés dans les schistes et calcaires paléozoïques, tandis que leur extrémité est formée par le granite. A une petite distance de leur entrée dans la vallée du Bastan, ces ravins présentent des éboulis grandioses dans lesquels on peut trouver toutes les roches et tous les minéraux qui abondent dans les pics escarpés et difficiles d'accès qui les dominent.

Dans le premier grand ravin que l'on rencontre en descendant du col du Tourmalet vers Barèges, j'ai trouvé l'axinite en abondance considérable. Dans les éboulis descendus du pic d'Espade, on observe des blocs d'axinite de plusieurs mètres cubes, présentant toutes les particularités de la variété la plus commune au pic d'Arbizon ; les cristaux distincts sont moins aplatis suivant p (001) que ceux de ce dernier gisement (fig. 8), ils sont plus abondants et rappellent beaucoup certains cristaux de Botallak.

L'axinite en roche (*limurite*) présente de nombreuses variétés, différant de celles de l'Arbizon par l'abondance de l'épidote.

J'ai trouvé d'énormes blocs, constitués par de l'axinite en grandes lames violettes, englobées par de l'épidote en sphérolites jaune vif, ayant jusqu'à 0^{cm} 5 de diamètre.

Dans ce gisement, on trouve aussi des cristaux transparents, associés au quartz hyalin ; ils ont les mêmes formes que ceux qui seront décrits plus loin à la Piquette déras lids.

Entre les monts de Campana et de Caubère, l'axinite se rencontre dans les mêmes conditions que dans le ravin d'Espade. Ce sont les variétés lamellaires qui dominent ; j'ai cependant trouvé quelques petits cristaux peu transparents, tapissant les cavités d'épidote fibrocompacte.

Enfin, dans le ravin d'Escoubous, on trouve, en petite quantité, de bons échantillons d'axinite transparente, éboulés de la Piquette déras lids qui a fourni autrefois de superbes cristaux, pouvant rivaliser avec ceux de l'Oisans.

L'axinite de ce gisement se trouve dans les mêmes conditions qu'à l'Arbizon, en filonnets traversant les schistes et calcaires, modifiés par le granite, mais elle n'y forme que très rarement des filonnets massifs comme dans les gisements précédents. Le plus souvent, elle tapisse les parois des fissures où elle est associée à l'épidote et à la prehnite, qui ont été décrites pages 139 et 272, ainsi qu'à l'albite, à la calcite et au quartz hyalin en très beaux cristaux.

J'ai indiqué plus haut l'époque de la découverte de ce gisement ; les

anciens auteurs, Picot de Lapeyrouse, Dietrich, Pasumot décrivent en termes pittoresques les procédés employés de leur temps par les chercheurs de cristaux, se faisant suspendre par des cordes pour découvrir des poches à minéraux dans des escarpements peu accessibles.

A l'heure actuelle, la tradition de ces hauts faits minéralogiques est à peu près perdue à Barèges et jai eu quelque peine à retrouver ce gisement.

L'axinite se rencontre surtout dans les abrupts dominant le ravin d'Escoubous. On n'en trouve que de très rares et très mauvais échantillons sur le flanc Est de la Piquette, dominant la rive droite du ravin de Glaire (ou de Lienz). Par contre, de ce côté de la montagne, ainsi que sur son flanc nord, l'albite est très abondante, mais elle s'y trouve seule ou associée au quartz et à l'asbeste.

J'ai examiné un assez grand nombre de cristaux d'axinite de ce gisement, provenant de mes recherches personnelles, de la collection de Picot de Lapeyrouse, que j'ai pu étudier grâce à l'obligeance de M. Caralp et enfin de celle de l'École des Mines.

Ces cristaux sont à rapporter à deux types : le type commun, et celui que j'ai désigné sous le nom de type de la Piquette déras lids.

Type de la Piquette déras lids. Les cristaux de ce type, d'un violet très pâle et parfois même incolores, ne dépassent guère 1 centimètre de longueur ; ils ont la forme d'une lame de canif et sont très minces ; leurs arêtes sont extrêmement tranchantes. Les faces de la zone verticale sont profondément cannelées parallèlement à leurs intersections mutuelles ; les faces *p* (001) sont aussi souvent striées.

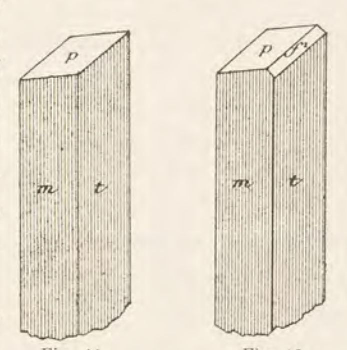


Fig. 11. Fig. 12.
Axinite allongée suivant l'axe vertical. (Piquette déras lids).

Les formes les plus habituelles sont les suivantes : *p* (001), *m* ($1\bar{1}0$), *t* (110), (fig. 11) ; avec parfois f^1 (112), (fig. 12) ; h^1 (100) ; je n'ai trouvé que sur un seul cristal des traces de i^1 (011) et de *x* ($\bar{3}54$).

Type commun. Les cristaux de ce type sont tout à fait identiques à ceux de l'Oisans. Leur couleur est le violet plus ou moins foncé ; ils atteignent 2 centimètres ; j'ai extrait, d'un échantillon d'asbeste, de petits cristaux complets, presque incolores, d'environ $0^{mm}5$. Ils sont

d'une perfection de forme irréprochable, mais sont généralement pauvres en faces. En outre des formes énumérées plus haut, j'ai trouvé rarement γ ($\bar{1}32$), e^1 ($0\bar{1}1$) et plus rarement encore g^1(010) et ^2g ($1\bar{3}0$). Les figures 13 à 18 représentent les combinaisons principales que j'ai observées.

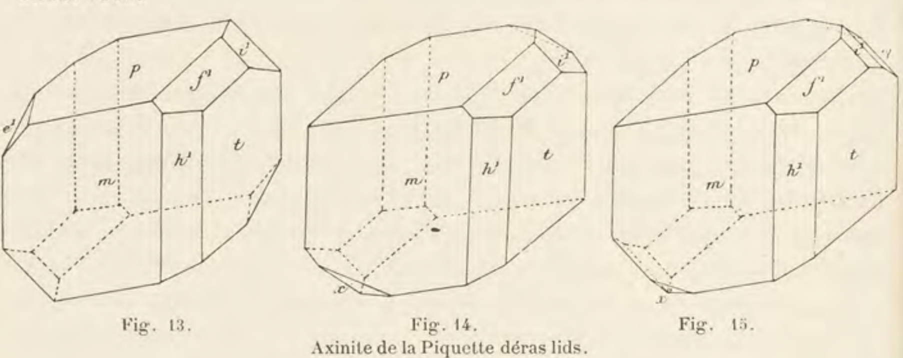


Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.
Axinite de la Piquette déras lids.

Il y a lieu de noter la très grande rareté des faces c^1 et c^2 que je n'ai observées que sur deux cristaux.

Enfin, l'axinite a été signalée dans quelques autres points de cette région ; ne les ayant pas visités moi-même, je ne puis préciser la nature géologique de leur gisement ; j'ai vu dans la collection de M. Frossard des échantillons provenant de quelques-uns d'entre eux.

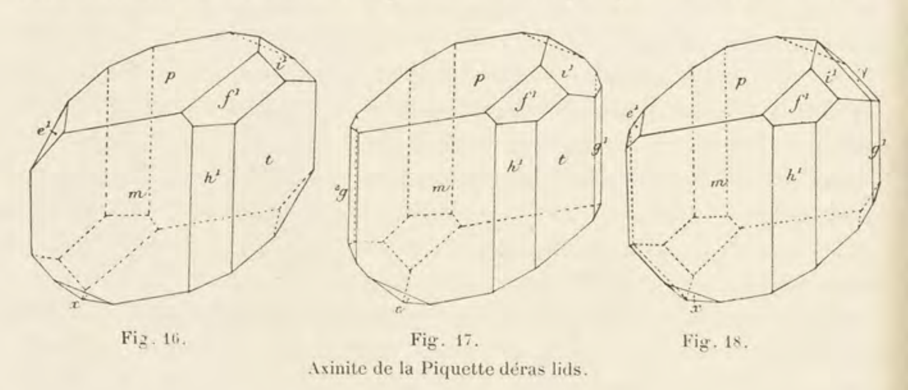


Fig. 16. Fig. 17. Fig. 18.
Axinite de la Piquette déras lids.

Dans la région du Tourmalet, M. Frossard a signalé des cristaux transparents du type de ceux de la Piquette déras lids ; ils sont accompagnés d'asbeste et de calcite. Il est probable qu'ils proviennent d'un

des ravins d'Espade ou de Campana où j'ai trouvé en place des échantillons analogues.

L'axinite recueillie par le même minéralogiste près de Gripp (haute vallée de l'Adour) est implantee sur un bloc erratique de granite, provenant certainement du massif du pic d'Arbizon.

M. de Limur a trouvé en place (*Exploration minéralogique dans les Hautes-Pyrénées*. Vannes. 14. 1878) une roche d'axinite, analogue à celle de l'Arbizon (*limurite*), dans le quartier de montagne de Bizourtère, au milieu des abrupts de la rive gauche du ruisseau descendant du lac Bleu à Chiroulet, dans la vallée de Lesponne. M. Frossart (*op. cit.*) l'a également signalée dans la région du lac de Peyrelade (*massif du pic du Midi*). Cette région est constituée par des gneiss et par des schistes à andalousite granutilisés ; il est probable que l'axinite s'est formée là sous l'influence de la granulite. Il faut espérer que des recherches ultérieures viendront préciser la nature géologique de ces gisements.

Enfin Pasumot, dans ses *Voyages physiques dans les Pyrénées* (Paris. 1797. p. 271), signale l'axinite (*schorl violet*), accompagnée de quartz hyalin dans les fentes des schistes (*schistes à andalousite*) de la Hourquette de Cinq-Ours, sur le flanc droit d'un ravin descendant à Tramazaigues, à une centaine de mètres de la Hourquette (Pic du Midi).

Notons en outre que M. Gourdon a rapporté de la haute vallée de Nère des échantillons d'axinite. Ils appartiennent au type le plus commun à l'Arbizon et ont une semblable origine ; ils recouvrent un calcaire renfermant de l'épidote.

Haute-Garonne. Le même savant a recueilli au Mail de Soulan et à Beauregard près Luchon des blocs erratiques renfermant de l'axinite du même type ; ce minéral est implanté sur un calcaire à grenat.

Ariège. J'ai trouvé dans la vallée de Saleix de l'axinite d'un violet très pâle en larges cristaux aplatis, sans formes nettes et formant même des masses laminaires. Ils remplissent les fissures du granite, sur les contreforts du pic de Gabanatous, dominant le ruisseau de Saleix ; ils sont accompagnés de très petits cristaux d'épidote jaune pâle, de quartz et d'albite.

Alpes. — *Isère*. La première mention qui ait été faite de l'axinite se trouve dans Romé de l'Isle qui, dans son article consacré au *schorl*, décrivit ce minéral sous le nom de « schorl transparent lenticulaire terminé

par six plans rhombes ou rhomboïdaux » (*op. cit.* II. 353. 1783). On y trouve la mention suivante au sujet du gisement de ce minéral. » C'est à M. Schreiber, directeur des mines de Monsieur, à Allemont en Dauphiné, que je dois la première connaissance de cette variété de schorl très singulier. Il m'en a envoyé, au moment où l'on venait d'en faire la découverte, deux cristaux solitaires, parfaitement caractérisés, et plusieurs autres groupés sur la même roche. C'est (dit-il dans la lettre qu'il m'écrivit à ce sujet le 16 septembre 1781) près de la Balme d'Auris que ces morceaux ont été trouvés dans la roche primitive feuilletée de M. de Saussure ou kneiss des Saxons, dans les fentes ou gerçures où cette espèce de cristallisation est accompagnée de schorl vert, d'amiante et d'asbeste. J'ai visité cet endroit, mais je n'ai pu avoir que très peu de morceaux. Ce schorl est accompagné de schorl vert en longues aiguilles prismatiques à cannelures multipliées [*épidote*], d'autres petits cristaux du schorl rhomboïdal d'un blanc mat ou demi-transparent dont la forme est analogue à celles des macles de schorl blanc rhomboïdal [albite] qui se rencontre dans l'amiante des environs de Barèges. Le tout est entremêlé d'amiante et d'asbeste en fibres parallèles ou contournées, ce qui donne un rapport de plus entre cette roche et celle qui se trouve dans les Pyrénées. »

En 1792, Delamétherie nomma (*Sciagraphie*. I. 287) *yanolithe* ce minéral pour lequel Haüy proposa (*J. M.* I. 264. an V) le nom d'*axinite*, adopté depuis.

L'axinite est très abondante dans l'Oisans ; on la rencontre dans une large zone d'amphibolites et de schistes chloriteux granutilisés, constituant le point de jonction des trois feuilles de la carte d'Etat-Major de Grenoble, de Vizille et de Briançon. Au nord et à l'ouest, les points extrêmes où l'axinite a été signalée sont : la montagne de Chalanches près Allemont et la Cime du Cornillon, mais les gisements les plus riches se trouvent aux environs immédiats du Bourg-d'Oisans : sur la rive droite de la Romanche, dans la montagne d'Auris, soit au-dessus du hameau du Vernis au rocher d'Armentier (ou d'Armentières), soit au hameau de la Balme ; sur la rive gauche de la Romanche, d'importants gisements se trouvent à la Rampe des Commères, sur la route de Briançon et dans divers autres points de la montagne du Mont de Lans. Ces gisements se relient à ceux de la Combe de la Selle près Saint-Christophe, par un petit nombre de points de Tête-Mouthe et du glacier de Mont de Lans.

Dans ces divers gisements, l'axinite se trouve dans des filonnets transversaux à la schistosité des roches cristallophylliennes. Ils sont généralement très nombreux, mais peu importants. Les poches à cristaux ont rarement plus de trois ou quatre mètres carrés et n'ont généralement que quelques décimètres de hauteur. Les cristaux d'axinite, localement accompagnés de *quartz* de *prehnite*, d'*épidote*, d'*albite* et d'*orthose* sont implantés sur leurs parois ou se trouvent isolés dans une argile ferrugineuse, remplissant souvent les géodes. Ce sont ces cristaux qui constituent les échantillons répandus dans toutes les collections (fig. 19).

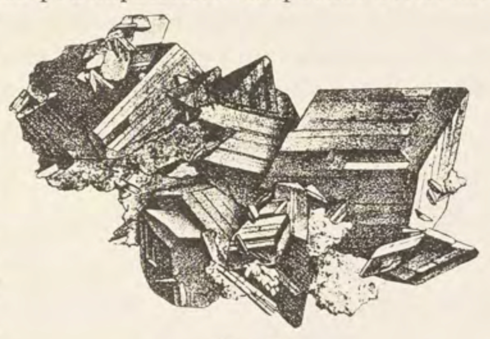


Fig. 19.
Axinite de l'Oisans.

La plupart des gisements cités plus haut sont très anciennement connus. M. Groth les a coordonnés dans un intéressant compte rendu d'une excursion qu'il a faite en 1885 (*Sitzb. d. k. bayr. Ak. d. Wissensch.* 371) sous la conduite du guide Albertazzo, qui m'a également accompagné dans cette région et chez lequel j'ai pu étudier un grand nombre d'échantillons.

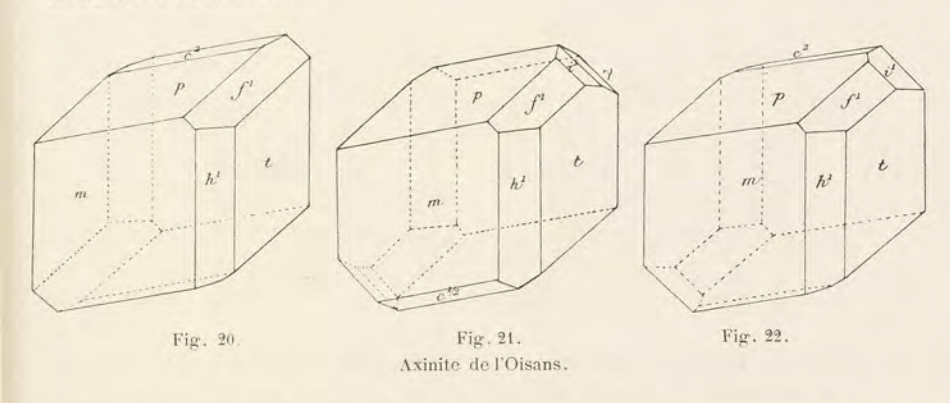


Fig. 20. Fig. 21. Fig. 22.
Axinite de l'Oisans.

Le gisement qui a fourni les plus beaux cristaux est celui du rocher d'Armentier ; les anciens cristaux que l'on trouve dans les vieilles collections ont une couleur brun violacé, très caractéristique, ainsi qu'une

forme spéciale qui sera décrite plus loin ; ils étaient associés à de très beaux cristaux d'albite.

Le guide Albertazzo exploite encore aujourd'hui des poches à cristaux qui se trouvent sur le flanc du rocher d'Armentier, au-dessus du hameau du Vernis. Elles sont d'accès assez périlleux et produisent notamment des cristaux complets, isolés dans l'argile ; ce sont les plus gros que

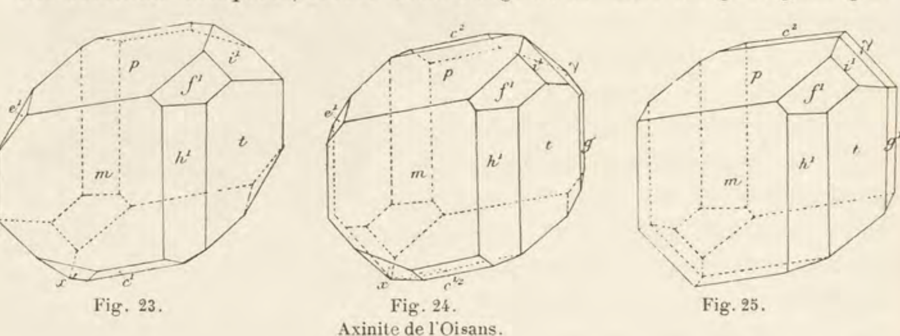


Fig. 23. Fig. 24. Fig. 25.
Axinite de l'Oisans.

l'on puisse recueillir actuellement dans l'Oisans, mais ils sont très pauvres en faces, différant ainsi des cristaux anciennement trouvés dans la même montagne : ils sont parfois accompagnés d'orthose et d'albite.

En montant à la Balme d'Auris, à environ 200 m. au-dessus du vieux pont, jeté sur la Romanche, et sur un abrupt regardant le torrent,

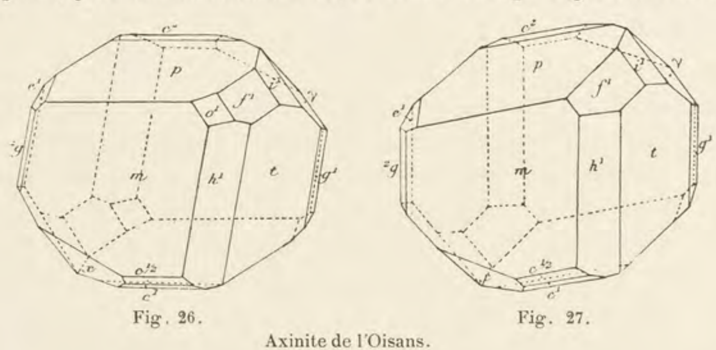


Fig. 26. Fig. 27.
Axinite de l'Oisans.

il existe des poches à cristaux où l'on recueille encore des cristaux violet clair, associés à des cristaux *m* (110), a^1 (101), et parfois *p* (001), d'orthose blanc laiteux.

Vis-à-vis de ce gisement et sur la rive gauche de la Romanche, se trouvent plusieurs gisements à visiter (Rampe des Commères). Cette

année, lors de mon voyage en Oisans, Albertazzo y exploitait une cavité, très riche en axinite, implantée sur l'amphibolite granulitisée; les cristaux en général n'y forment pas de groupes continus, mais sont isolés sur leur gangue. Ils sont fort nets et riches en faces. Ils sont accompagnés de quartz hyalin en beaux cristaux, englobant une épidote jaune verdâtre dont il a été question page 149. L'axinite est elle-même souvent implantée sur quartz.

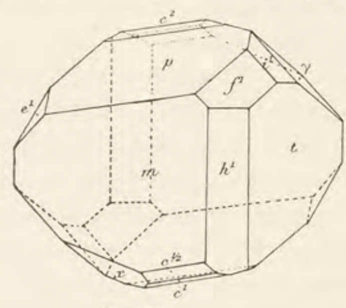


Fig. 28.
Axinite de l'Oisans.

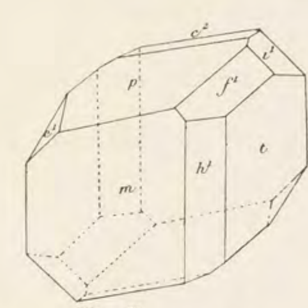
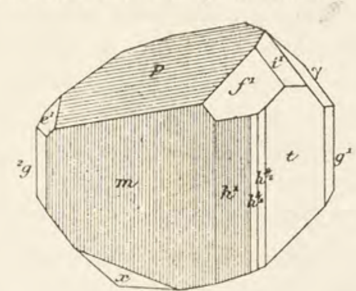


Fig. 29.
Axinite de la Rampe des Commères.

Dans le gisement de la Combe de la Selle (voir page 274), l'axinite est associée à l'orthose, au quartz et à la prehnite.

Plus au nord, le gisement de la Cime du Cornillon donne quelques bons cristaux d'axinite, associés à l'épidote.



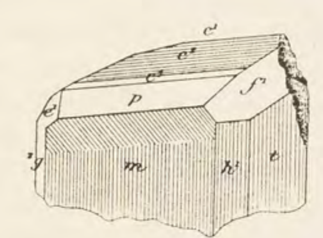


Fig. 30. Fig. 31.
Axinite de la Rampe des Commères.

Tels sont, à l'heure actuelle, en Oisans, les gisements fournissant des cristaux d'axinite.

Les auteurs qui ont décrit ce minéral n'ont jamais précisé les gisements d'où provenaient leurs matériaux d'étude ; ils se sont contentés de les indiquer comme provenant du Dauphiné ou de l'Oisans. Cela

n'a, du reste, pas grande importance dans l'espèce, les formes étant (sauf pour une forme spéciale à l'Armentier) à peu près les mêmes dans ces divers gisements.

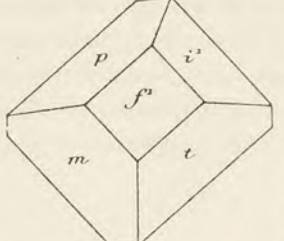


Fig. 32.
Axinite du rocher d'Armentier.

Les cristaux sont généralement peu compliqués et tous ceux dans lesquels j'ai trouvé des formes rares se sont rencontrés accidentellement en très petit nombre au milieu des cristaux à formes communes.

Les cristaux de l'Oisans ont été étudiés par Neumann (*P. A.* IV. 67. 77. 1825), Lévy (*op. cit.* 1838. II. 12 et *Atlas* ; à la suite de M. des Cloizeaux, j'ai adopté la forme donnée par cet auteur et reproduit un certain nombre de ses figures), par M. Marignac, M. des Cloizeaux (*op. cit.* I. 515) et enfin par vom Rath (*P. A.* CXXVIII. 20 et 227. 1866) qui a mesuré un grand nombre de cristaux (voir plus haut) et décrit plusieurs faces nouvelles : $h^{3/2}$(510), h^3(210), ${}^2h$(3$\bar{1}$0), ε ($\bar{3}$56), α (1$\bar{3}$1), d (1$\bar{3}$2), k (1$\bar{5}$2), ζ ($\bar{3}$55).

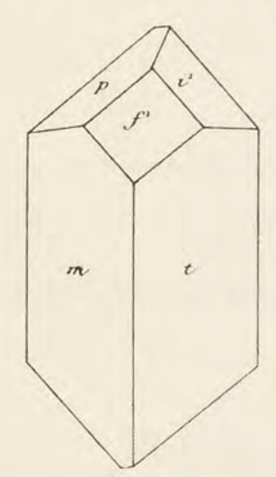


Fig. 33.
Axinite du rocher d'Armentier

Les cristaux les plus communs présentent les formes qui ont été figurées plus haut à l'occasion de la Piquette déras lids.

Contrairement à ce qui a lieu dans ce gisement, les faces c^2 ($\bar{1}$14), c^1 ($\bar{1}$12), $c^{1/2}$ ($\bar{1}$11) sont assez fréquentes ainsi que g^1 (010), ${}^2g$ (1$\bar{3}$0). Les autres faces de la zone verticale sont rares ; je n'ai, personnellement, observé qu'une seule fois $h^{9/2}$ (11. 7. 0) et $h^{3/2}$ (510) (fig. 30), c^5 ($\bar{1}$. 1. 10) (fig. 31), z ($\bar{1}$21) et ε ($\bar{3}$56) ; o^1 (101) est très rare (fig. 26).

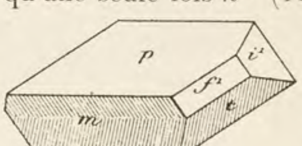
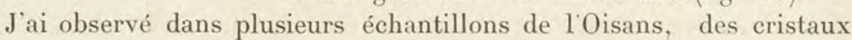


Fig. 34.
Axinite de la Rampe des Commères, aplatie suivant p (001).

Les faces f^1 sont toujours très développées ; dans quelques cristaux du rocher d'Armentier, i^1 prend en outre une grande importance. Ces cristaux que j'ai désignés plus haut comme constituant un type spécial (*type Armentier*) ont la forme de la fig. 32. Plus rarement ils s'allongent suivant l'axe vertical (fig. 33).


J'ai observé dans plusieurs échantillons de l'Oisans, des cristaux

présentant le type *Piquette déras lids*, c'est-à-dire des cristaux allongés et très cannelés suivant l'axe vertical comme ceux des fig. 11 et 12.

Enfin, d'autres cristaux sont aplatis suivant $p(001)$ et rappellent parfois, comme développement, certains cristaux de Bottalak. Tantôt ils sont pauvres en faces comme celui de la fig. 34, provenant de la Rampe

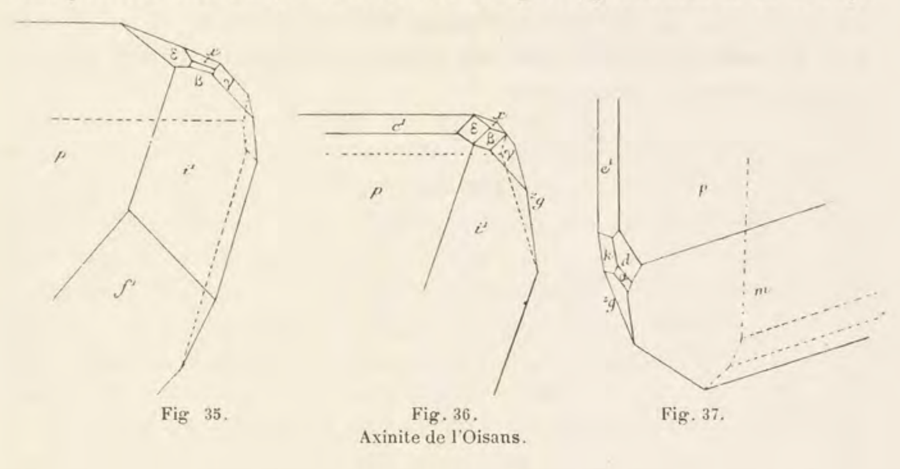


Fig 35. Fig. 36. Axinite de l'Oisans. Fig. 37.

des Commères, tantôt, au contraire, ils présentent les faces ε $(\bar{3}56)$, β $(\bar{1}22)$, k $(1\bar{5}2)$, d $(1\bar{3}2)$, x $(\bar{3}54)$ représentées par les figures 35 à 37, empruntées au mémoire de vom Rath.

Les quatre premières de ces faces sont très rares. Quant à la face ζ $(\bar{3}55)$, elle a été signalée par vom Rath comme constituant de petites facettes non mesurables entre x $(\bar{3}54)$ et ε $(\bar{3}56)$: elle fait en outre partie de la zone β $(\bar{1}22)$, i^1 (011).

J'ai trouvé, à la Balme d'Auris, un beau cristal présentant cet aplatissement particulier ; il a la forme de celui de la figure 38 donnée par vom Rath : la face p (001) est bordée d'un côté de fines facettes c^2 $(\bar{1}14)$, c^1 $(\bar{1}12)$, m $(1\bar{1}0)$ et de l'autre par i^1 (011), g^1 (010) et e^1 $(0\bar{1}1)$ qui est marquée en pointillé sur la figure. Ce cristal est remarquable par l'existence de deux zones seulement : cette combinaison se rencontre, d'après vom Rath, dans les cristaux de Saxe.

Fig. 38. Axinite de la Balme d'Auris.

Les fig. 39 et 40 représentent d'après le même savant deux cristaux aplatis suivant m $(1\bar{1}0)$ dans lesquels se trouvent la plupart des faces décrites par cet auteur dans l'axi-

nite de l'Oisans. Dans ces figures, la face ^2h a été, par suite d'une erreur de gravure, notée h : cette face n'a été observée que sur un seul cristal et déterminée par les zones x ($\bar{3}54$) i^1 (011) et h^1 (100) g^1 (010), dont elle fait partie.

Notons enfin l'existence de masses fibrolamellaires d'axinite rappelant celles du pic d'Arbizon. Comme dans ce gisement, leurs druses sont souvent tapissées de cristaux empilés et alignés en grand nombre suivant une même orientation.

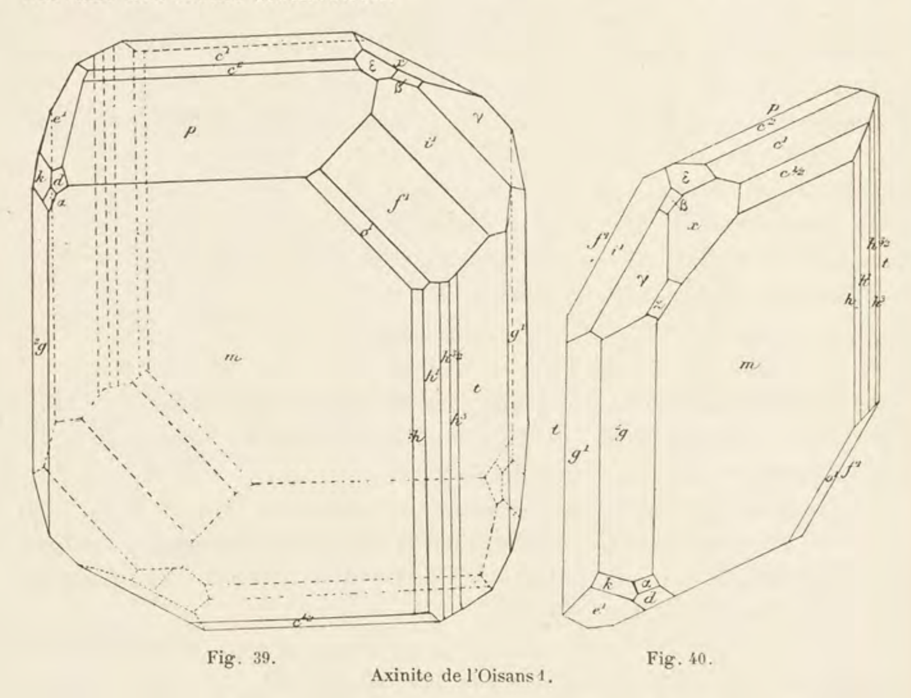


Fig. 39. Fig. 40.
Axinite de l'Oisans[1].

Quant à l'axinite signalée par Héricart de Thury (*J. M.* XX. 59. 1816) au pied de la montagne de Chalanches près Allemont, à peu de distance de la cascade de Baton (rive droite de la vallée de la Romanche), elle formait, dans les amphibolites, de petits filonnets violets, sans cristaux distincts ; elle était associée à l'épidote jaune compacte.

Massif du Mont-Blanc. La première mention qui ait été faite, à ma connaissance, de l'axinite du massif du Mont-Blanc, se trouve dans le tome III du *Dictionnaire d'histoire naturelle* dont il a été question plus

1. Dans les figures 39 et 40, la face h située entre h^1 et m a pour symbole ^2h ($3\bar{1}0$).

haut (1816, p. 117). Ce minéral se trouve en divers points de la région : au dôme du Goûter, à la fontaine du Caillet sur le Montanvers (sur le chemin de Chamonix à la mer de Glace) et au glacier des Bossons.

L'axinite de ces gisements se rapporte au type le plus commun de ceux de l'Oisans ; les cristaux que j'ai eus à ma disposition ne sont pas riches en faces et présentent les combinaisons $p\ m\ t$, $p\ m\ t\ h^1\ f^1$ avec plus rarement i^1, γ et x.

Les cristaux de la fontaine du Caillet d'un violet foncé, sont parfois formés par l'interpénétration d'un grand nombre d'individus à axes imparfaitement parallèles ; ces cristaux sont irréguliers et tendent à prendre des formes en selle. Ils sont accompagnés de petits cristaux de quartz avec calcite et albite.

Dans plusieurs échantillons de prehnite (*koupholite*) de la partie sud du glacier des Bossons, j'ai trouvé de jolis petits cristaux violets et transparents d'axinite. Ils ont la même forme que ceux qui viennent d'être étudiés et sont englobés par la prehnite.

Tous les cristaux de cette région, que j'ai pu étudier, n'étant pas sur gangue, il n'est pas possible de savoir s'ils proviennent de druses du granite (*protogine*) ou de celles des schistes modifiés par lui.

b) *Dans les roches basiques ou à leur contact avec des roches sédimentaires.*

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. C'est sous le bénéfice d'une vérification ultérieure que je cite ici un gisement d'axinite, indiqué par M. Frossard (*B. S. M.* VI. 87. 1883), d'après une observation de M. Vaussenat. L'axinite a été trouvée par ce dernier minéralogiste dans le val de Trébons près Bagnères-de-Bigorre (près du premier pont de la vallée, sur la rive droite de la rivière).

Le minéral constitue des plaquettes, composées de cristaux violacé pâle, peu distincts par suite des conditions de leur formation dans une fissure aux deux parois desquelles ils étaient adhérents.

D'après les indications de M. Frossard, cette axinite aurait été trouvée dans un schiste quartzeux (?) à proximité d'un piton ophitique ; l'échantillon que j'ai eu entre les mains est dépourvu de gangue.

Vosges. — *Vosges*. M. Daubrée a signalé (*C. R.* XVIII. 870. 1844

et *Bull. Soc. géol.* 2e série. I. 409. 1843-44) dans les Vosges l'existence de l'axinite dans des conditions géologiques intéressantes. Ce savant a en effet trouvé ce minéral au Petit-Donon de Rothau dans un calcaire dévonien fossilifère, modifié au contact d'une roche éruptive basique (porphyrite amphibolique ou micacée?)

Ces calcaires formaient des lentilles au milieu de quartzites. Depuis lors, cette observation n'a été citée par aucun auteur.

M. Daubrée m'a indiqué l'existence de son échantillon original à l'École des Mines et j'ai pu m'assurer qu'il est bien constitué par de l'axinite ; les cristaux brun jaunâtre possèdent les formes *p* (001), *m* $(1\bar{1}0)$, *t* (110), f^1 (112), i^1 (011) ; l'échantillon présente un gros cristal engagé dans une cavité d'une roche constituée par des aiguilles d'actinote, et par le grenat cité page 234 ; le tout est cimenté par de la calcite.

Ce gisement d'axinite est fort remarquable : son mode de formation est tout à fait analogue à celui de l'axinite des Pyrénées. Mais il est intéressant de voir le même minéral se former dans des calcaires sous l'influence des roches aussi différentes que celles de ces deux gisements. Il serait à désirer que des recherches nouvelles soient entreprises dans les Vosges pour retrouver ce minéral.

Notons enfin que le Dr Carrière a cité (*Ann. Soc. d'Encour. Vosges.* 1889), sans aucune description, l'axinite dans le gabbro (*euphotide*) d'Odern.

FRIEDÉLITE

$H^7Mn^5Si\ O^{16}Cl$

Rhomboédrique : $pp = 123°42'$ (Bertrand)

$[a : c = 1 : 0{,}5624]$

Formes observées : a^1 (0001), e^2 $(10\bar{1}0)$, *p* $(10\bar{1}1)$.

Les deux angles suivants ont été mesurés par M. E. Bertrand.

$pp = 123°42'$ $pa^1 = 147°$

Faciès des cristaux. Les cristaux forment généralement de petites lames hexagonales, aplaties suivant la base. Les faces prismatiques sont striées parallèlement aux arêtes basiques ; souvent ces faces sont raboteuses et ternes.

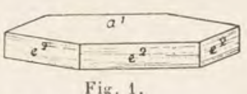


Fig. 1.
Friedélite d'Adervielle.

Clivages. Clivage net suivant la base, donnant facilement des lames minces pour l'examen optique.

Dureté. La dureté est inférieure à 4.

Densité. 3,07 (Bertrand). 3,02 (Lx.).

Coloration. Rouge brun, rouge carmin, rouge rosé. Les cristaux que j'ai étudiés, grâce à l'obligeance de M. Gourdon, sont beaucoup plus colorés à la périphérie qu'au centre. Poussière blanc rose.

Éclat vitreux faible, éclat résineux dans la cassure.

Propriétés optiques. La biréfringence est énergique ; à un axe négatif.

Pléochroïsme. J'ai observé un pléochroïsme très énergique sur un petit cristal taillé parallèlement à une face e^2. Sous une épaisseur d'environ 0^{mm} 05 on observe :

$\mathbf{n}_{g\omega}$ = brun rouge foncé
$\mathbf{n}_{p\varepsilon}$ = jaune très pâle

Composition chimique. Une première analyse est due à M. E. Bertrand (*C. R.* 6 mai 1875) (*a*) ; c'est M. Gorgeu qui a fixé définitivement la composition chimique du minéral (*B. S. M.* VII. 3. 1884) (*b*). Voir aussi : Friedel (*B. S. M.* VII. 71).

	a	*b*
SiO^2	36,12	34,45
MnO	53,05	48,25
MgO	2,96	1,20
CaO		0,40
Mn	»	2,60
Cl	»	3,40
H^2O	7,87	9,60
	100,00	99,90

Le minéral est très voisin de la *pyrosmalite*.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, la friédélite fond facilement

en un verre noir. Le minéral ne commence à perdre son eau qu'au rouge sombre, en prenant une teinte de plus en plus foncée (Gorgeu, *B. S. M.* VII. 60. 1884) ; il est attaqué avec gelée par les acides bouillants et étendus.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. La friedélite a été décrite par M. E. Bertrand (*C. R.* XLII. 1167. 1876) et dédiée à M. Friedel. Les premiers échantillons trouvés formaient des masses compactes ou clivables, accompagnant la rhodonite et la diallogite dans les mines de manganèse de la montagne d'Azet, qui sépare la vallée de la Neste de Louron, de celle de la Neste d'Aure, entre les villages d'Azet et d'Adervielle (Hautes-Pyrénées). Peu après, le même savant en découvrit (*notice séparée*. Paris. Juillet 1876) des cristaux nets, engagés dans des géodes de diallogite et accompagnés d'alabandine. Ce sont des échantillons de ce genre que j'ai eu l'occasion d'étudier (fig. 1), grâce à l'obligeance de MM. Gourdon et Goguel.

Ils ont été recueillis par M. Gourdon dans les travaux de recherches près des Granges de Nabias, au-dessus et à l'est du village de Genost.

Les cristaux nets de friedélite constituent dans ce gisement une très grande rareté. Ce minéral y forme le plus souvent des masses cristallines, d'un rouge carmin, lilas, ou violacé. La friedélite se trouve sous cette dernière forme dans le quartier de montagne de Tramont (commune de Loudervielle) et à la mine de Germ (vallée de Louron) ; M. Gourdon me l'a en outre signalée en très petite quantité à la mine de Jurvielle, à l'ouest de Luchon (*Haute-Garonne*).

Le minéral autrefois exploité dans les mines de cette région était de la *pyrolusite*, résultant de la décomposition de diallogite et de rhodonite.

M. Beaugey, qui a étudié ces gisements au point de vue géologique (*B. S. G.* XVII. 301. 1889), les considère tous comme situés dans le dévonien. La rhodonite, associée au quartz, y forme des couches ou des amas stratifiés, contemporains des schistes encaissants.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

A. LACROIX
Professeur de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle

MINÉRALOGIE
DE LA FRANCE
ET
DE SES COLONIES

DESCRIPTION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES MINÉRAUX
ÉTUDE DES CONDITIONS GÉOLOGIQUES
DE LEURS GISEMENTS

TOME PREMIER
(2e PARTIE)

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET Cie, ÉDITEURS
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1895

AVIS AU LECTEUR

Des circonstances indépendantes de la volonté de l'auteur ont retardé la publication du présent fascicule.

Les documents recueillis depuis 1893 ayant pris des proportions très considérables, la fin des Silicates n'a pu être contenue dans le premier volume. *Elle formera la première partie du tome II, actuellement à l'impression* : ce fascicule paraîtra incessamment.

GROUPE DES MICAS

Le groupe des micas est constitué par un grand nombre de types, qui peuvent être classés de la façon suivante :

Micas magnésiens	a) peu ou pas ferrifères	....	*Phlogopite.*
	b) riches en fer	potassiques	*Biotite.*
		potassiques et lithiques...	*Zinnwaldite.*
Micas peu ou pas magnésiens		lithiques.....	*Lépidolite.*
		potassiques ..	*Muscovite.*
		sodiques.....	*Paragonite.*

Composition chimique. — Au point de vue chimique, les micas sont des silicates (pour la plupart, des orthosilicates) d'aluminium, avec potassium, hydrogène. Ceux de la première série établie plus haut renferment, en outre, et en grande quantité, du magnésium et du fer à l'état d'oxyde ferreux, qui, au contraire, ne se trouve qu'en très faible proportion dans les micas du second groupe. Le potassium est parfois en partie remplacé par du lithium (*zinnwaldite*, *lépidolite*), par du sodium (*paragonite*), par des traces de cæsium et de rubidium (*lépidolite*). Une petite quantité de l'Al^2O^3 peut être remplacée par du Fe^2O^3 ou du Cr^2O^3; enfin, quelques micas contiennent une faible proportion de baryum ou de manganèse. Le fluor est souvent abondant, le titane est parfois présent.

La constitution rationnelle des micas est des plus complexes et ne peut être représentée par aucune formule générale. Elle a fait l'objet de nombreux travaux de M. Tschermak (*Ber. Akad. Wien.* LXXVIII. 5 1878), de M. Rammelsberg (*Mineral. Chem.* 1886 etc.) et de M. Clarke (*Amer. J. of Sc.* XXXVIII. 384. 1889 et XL. 410. 1890), qui ont proposé diverses hypothèses pour l'expliquer. Je renvoie à leurs mémoires pour les détails concernant cette question : on les trouvera résumés dans le *Syst. of Mineralogy* de M. Dana (1893). Je rappellerai seulement que M. Tschermak considère les micas comme des mélanges isomorphes des molécules fondamentales suivantes :

$K = H^2 K Al^3 Si^3 O^{12}$, $M = Mg^6 Si^3 O^{12}$, $S = H^4 Si^5 O^{12}$,
muscovite

dans lesquelles H, K, Na et Li, d'une part, Mg, Fe, Mn, d'une autre, et enfin Al''', Fe''' et Cr''' peuvent se remplacer.

Les formules données plus loin pour chaque mica sont celles qui ont été adoptées par M. Tschermak.

Au point de vue des caractères physiques, les micas constituent une famille très homogène.

Propriétés cristallographiques. — Les micas sont monocliniques, mais possèdent une symétrie pseudorhomboédrique ou pseudorhombique. Dans tous, l'angle ph^1 est très voisin de 90°. Les angles plans de la base sont de 60° et de 120°. Les valeurs des paramètres sont presque les mêmes, les faces dominantes généralement les mêmes, dans les divers micas. La propriété caractéristique de ces minéraux consiste dans une structure spéciale (*structure micacée*) due à l'existence d'un clivage très facile suivant la base, clivage permettant d'obtenir des lames extrêmement minces, flexibles et plus ou moins élastiques. Cette élasticité disparaît dans les micas altérés.

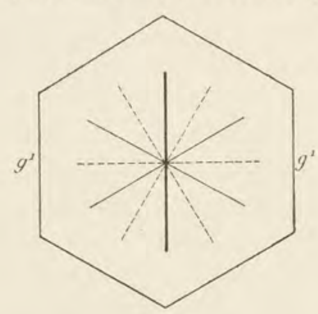


Fig. 1.
Lame de clivage de mica montrant les étoilements dus aux *figures de choc* (traits pleins, dont le plus marqué est parallèle à g^1 (010)) et aux *figures de pression* (traits en pointillé).

Lorsqu'on frappe une lame de mica avec une pointe mousse, on y détermine un système de fentes, respectivement parallèles à g^1 (010) [fente la plus distincte] et à la trace de m (110) : ces fentes font, par suite, entre elles des angles de 60° et de 120°. L'étoilement à six branches qui en résulte (fig. 1, traits pleins) est désigné sous le nom de *figure de choc*. Cette propriété des micas est précieuse, car elle permet d'orienter une lame de clivage dépourvue de contours géométriques, et on verra plus loin que la position du plan des axes optiques par rapport à g^1 (010) n'est pas la même dans tous les micas. Les fentes de choc sont dues à la production de plans de séparation parallèles à g^1 (010) et à des protopyramides ($b^{1/x}$, $d^{1/x}$) de caractéristiques variables, mais dont naturellement la trace sur p est toujours la même.

Quand, au lieu de frapper la lame, on la presse seulement avec la pointe mousse, on détermine la production d'un nouvel étoilement

(*figure de pression*), dont les branches sont respectivement perpendiculaires aux traces de m (110) et de g^1 (010) (fig. 1, lignes en pointillé). Elles correspondent à des plans de séparation (plans de glissement) parallèles à $a^{5/2}$ ($\bar{2}05$)[1] et à la pyramide $\zeta = (d^{1/2}\, b^{1/4}\, g^{1/5})$ (135).

Les solides formés par les clivages p (001) et les plans de séparation $a^{5/2}$ et ζ ont un aspect rhomboédrique (fig. 9), car $pa^{5/2}$ et $p\zeta$ = sensiblement 114°.

Ces divers plans de glissement s'observent fréquemment dans les échantillons de mica et ils déterminent, sur leurs lames de clivage, des stries qui seront étudiées plus loin (voir à *muscovite*, page 335, fig. 2 et 3).

Macles. Tous les micas présentent fréquemment des macles suivant m (110), qui peuvent se produire (Tschermak. *Sitzungsb. Akad. Wien.* LXXVI. 97. 1877) :

Fig. 2.
Figure théorique de la macle des micas produite par *accolement*.

1° par *accolement* suivant cette face (fig. 2, d'après M. Tschermak) ;

2° par *superposition*, parallèlement à p (001). Les figures 3 et 4, empruntées au mémoire précité de M. Tschermak, font voir les divers aspects de ces macles.

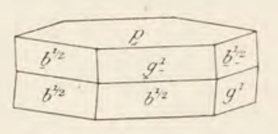


Fig. 3. Fig. 4.
Figures théoriques de la macle des micas produite par *superposition* parallèlement à p (001).

Elles sont loin, du reste, d'avoir toujours cette régularité théorique; la ligne de jonction des individus maclés est généralement irrégulière et l'on trouve fréquemment un très grand nombre d'individus empilés suivant p ou enchevêtrés, les deux modes qui viennent d'être indiqués pouvant être réalisés dans un même groupement.

Propriétés optiques. — Dans tous les micas, la bissectrice aiguë *négative* est peu inclinée sur la normale à p (001), de telle sorte que les lames de clivage basique permettent d'observer en lumière convergente les images caractéristiques des minéraux taillés perpendiculairement à

1. Et plus rarement (biotite) o^4 (104) et a^4 ($\bar{1}04$). pa^4 et po^4 = environ 125°.

une bissectrice. Le plan des axes optiques est, suivant les types, parallèle (fig. 5) ou perpendiculaire à g^1 (010) (fig. 6).

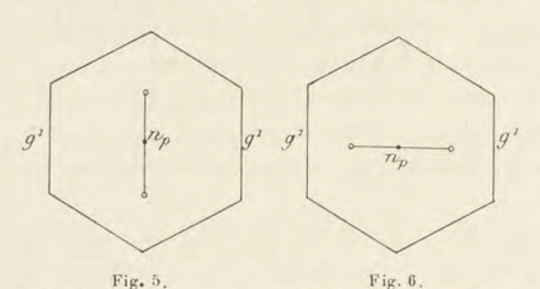


Fig. 5. Fig. 6.
Position du plan des axes optiques dans les micas, *parallèle* à g^1 (010) dans les *biotites* et la *zinnwaldite*, perpendiculaire à g^1 dans les *micas blancs* et dans l'*anomite*.

Les figures de choc permettent de déterminer la position du plan des axes optiques par rapport à g^1 (010) en l'absence de formes géométriques.

Les biotites et les phlogopites sont souvent presque uniaxes. L'écartement des micas blancs est généralement plus grand que celui des biotites, bien qu'il y ait des muscovites à axes rapprochés (damourite) et des biotites (anomite) à axes écartés. Le tableau suivant donne, d'après M. Tschermak, la position du plan des axes, la dispersion et l'influence de la teneur en fer sur l'augmentation ($+ f$) ou la diminution ($- f$) de l'écartement des axes optiques dans les divers micas.

Plan des axes perpendiculaire à g^1.	Dispersion	Influence de la teneur en fer	Plan des axes parallèle à g^1.	Dispersion	Influence de la teneur en fer
anomite	$\rho > v$	$- f$	*biotite*	$\rho < v$	$+ f$
lépidolite	$\rho > v$		*phlogopite*	$\rho < v$	$+ f$
muscovite	$\rho > v$	$- f$			
paragonite	$\rho > v$		*zinnwaldite*	$\rho < v$	$- f$

On voit par ce tableau que l'anomite fait exception parmi les micas ferromagnésiens au point de vue de la position du plan des axes optiques, de la dispersion, etc.

La biréfringence des micas est toujours très élevée, variant de 0,04 à 0,05. Ce caractère est différentiel des chlorites et des clintonites, qui possèdent une biréfringence plus faible. C'est lui qui m'a conduit à rattacher la vermiculite à la biotite et la margarite aux clintonites.

Les micas riches en alcalis sont de couleur claire et le plus souvent blancs (*muscovite*, *paragonite*), jaunes (*muscovite*) ou rosés (*lépidolite*), rarement d'un vert émeraude (*fuchsite*). La *zinnwaldite* est d'un blanc plus

ou moins gris. Quelques variétés de *phlogopite* sont absolument incolores, mais le plus souvent ce minéral est jaune d'or. Quant aux micas ferro-magnésiens (*biotites*), leur couleur est plus ou moins foncée (jaune, brune, verte, noire, etc.), son intensité étant en rapport avec la teneur en fer.

Les micas colorés sont tous très pléochroïques, le maximum de l'absorption ayant toujours lieu suivant n .

Essais pyrognostiques. — Le tableau suivant donne les caractères pyrognostiques des divers micas, qui, combinés aux données fournies plus haut, permettent aisément d'établir le diagnostic différentiel de chacun d'eux[1].

	Biotite	*Zinnwaldite*	*Lépidolite*	*Muscovite*	*Paragonite*
Dans le tube.	Donne de l'eau et quelquefois du fluor.	Donne de l'eau et du fluor.	Donne de l'eau et du fluor.	Donne de l'eau et quelquefois du fluor.	Donne peu d'eau.
Au chalumeau.	Blanchit et fond sur les bords en un verre noir d'autant plus foncé que la couleur (teneur en fer) est plus intense[2].	Très facilement fusible en verre faiblement magnétique et en colorant la flamme en rouge pourpre (Li).	Facilement fusible avec gonflement en verre gris ou blanc en colorant la flamme en rouge pourpre (Li).	Devient blanc opaque à éclat nacré et fond seulement sur les bords minces en verre blanc, gris ou jaune.	Peu fusible. Quelques variétés (pregrattite) s'exfolient comme les vermiculites et deviennent blanc de lait sur les bords.
Avec les flux.	Réaction du fer nette.	Réaction du fer.	Quelquefois réaction du fer ou du manganèse.	Réaction du fer, parfois du manganèse, du chrome (fuchsite) faible.	

1. Les réactions indiquées ici peuvent être obtenues sans le secours du chalumeau, en plaçant la lame de clivage dans la partie extérieure d'un bec Bunsen. Je me sers, pour cela, d'un très petit bec coudé (bec Berthelot), dans la flamme duquel, seule, la paragonite ne fond pas ; pour obtenir sa fusion, il faut employer le chalumeau.

2. Certaines biotites altérées (vermiculites) à partir de 500 à 600° s'exfolient en se tordant, gonflent et occupent alors un volume considérable. Quand l'essai est fait dans un tube étroit, l'expansion des lames est suffisamment violente pour mettre celui-ci en pièces.

	Biotite	Zinnwaldite	Lépidolite	Muscovite	Paragonite
Action des acides.	Attaquée par l'acide sulfurique et même par l'acide chlorhydrique, en laissant un squelette siliceux[1].	En poudre fine, complètement attaqué par les acides.	A peine attaquable, mais fait gelée après fusion.	Presque inattaquée par l'acide chlorhydrique et l'ac. sulfurique.	Inattaquable

BIOTITE et *PHLOGOPITE*[2]

Monoclinique. Pseudorhomboédrique.

$b : h = 1000 : 2835{,}64 \quad D = 866{,}025 \quad d = 500{,}00$

angle plan de p = 20°

angle plan de m = 90°

[$a : b : c = 0{,}57735 : 1 : 3{,}27432$ v. Rath]

$zx = 90°$

Formes observées. — p (001) ; g^1 (010) ; a^1 ($\bar{1}01$) ; d^1 (112) ; $d^{1/4}$ (221) ; $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) ; $x = (d^{1/2}\, b^{1/4}\, g^{1/2})$ ($\bar{1}32$) et les formes suivantes comme plans de glissement : $a^{5/2}$ ($\bar{2}05$), a^4 ($\bar{1}04$), $\zeta = (d^{1/2}\, b^{1/4}\, g^{1/5})$ (135).

La forme employée ici est celle adoptée par M. des Cloizeaux (*op. cit.*, I. 485), qui toutefois considérait le minéral comme rigoureusement orthorhombique et offrant l'hémiédrie à faces parallèles. Les faces d^1 (111), $d^{1/4}$ (221), etc., correspondent aux faces b^1, $b^{1/4}$ (en avant) de M. des Cloizeaux; les faces $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) à ses faces $b^{1/2}$ (en arrière), etc.

Dans son *Lehrb. d. Mineral.*, M. Tschermak prend $d^{1/4}$ (221) pour [m (110)]. M. Hintze a choisi une autre forme, dans laquelle

d^1 (112) devient $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) (Hintze)
a^1 ($\bar{1}01$) — $o^{1/2}$ (201)
$b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) — $d^{1/4}$ (221), etc.

1. Quand l'attaque n'est poussée que jusqu'à la décoloration, le minéral continue à agir sur la lumière polarisée, mais perd beaucoup de sa biréfringence (Fouqué *B. S. M.* XV. 196. 1892).

2. Je n'ai pas séparé la biotite de la phlogopite, dans l'impossibilité où l'on se trouve de distinguer pratiquement ces minéraux dans quelques-uns de leurs gisements français où ils passent fréquemment de l'un à l'autre : de même l'*anomite* sera étudiée dans ce même paragraphe.

Macles. — Macles suivant la loi énoncée plus haut. Les macles par superposition sont les plus fréquentes; elles sont parfois très répétées donnant un grand nombre de lames hémitropes. Celles-ci, en l'absence de faces nettes, sont seulement visibles dans les lames minces des biotites à deux axes écartés dont les teintes de pléochroïsme sont différentes suivant n_m et n_g.

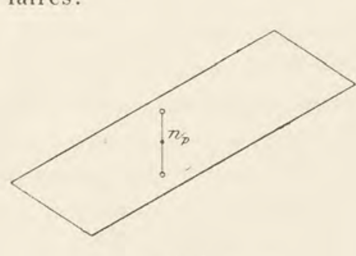
	Angles calculés
mm	120°
pa^4	125°12′
$pa^{5/2}$	113°47′
*pa^1	100°
ph^1	90°

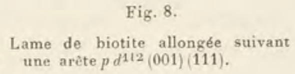
	Angles calculés
pd^1	106°59′
$pd^{1/4}$	94°62′
pm	90°
$pb^{1/2}$ sur m	81°19
$d^1\ d^1$ en av.	122°52

	Angles calculés
$d^{1/4}\ d^{1/4}$	120°12′
$b^{1/2}\ b^{1/2}$	120°45′
$b^{1/2}\ a^1$	150°23′
$p\ \zeta$	113°47′
$p\ x$	100°

Faciès des cristaux. — Dans les gisements français, les biotites ne possèdent que rarement des formes distinctes ; ils sont toujours extrêmement aplatis suivant p (001), se présentant sous la forme de lamelles le plus souvent hexagonales, plus rarement triangulaires.

Fig. 7.
Lame de biotite allongée suivant l'arête $p\ g^1$ (001) (010).




Fig. 8.
Lame de biotite allongée suivant une arête $p\ d^{1/2}$ (001) (111).

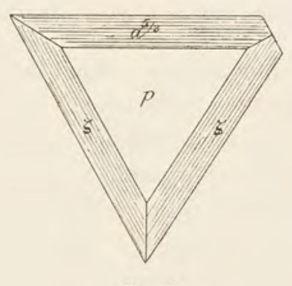


Fig. 9.
Forme pseudorhomboédrique de biotite produite par la coexistence de plans de glissement suivant $a^{5/2}$ ($\bar{2}05$) et ζ (135).

La biotite est fréquemment allongée suivant l'arête de zone pg^1 (001) (010) (fig. 7), quelquefois suivant une arête $pd^{1/2}$ (001) (111) (fig. 8).

Clivages. — Clivage parfait, lamelleux suivant p (001); plans de séparation suivant g^1 (010), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et divers autres hémipyramides de la zone pm (001) (110) [$d^{1/2}$ (111), b^1 ($\bar{1}12$) etc.] correspondant aux figures de choc et suivant $a^{5/2}$ ($\bar{2}05$), a^4 ($\bar{1}04$), ζ (135) correspondant aux figures de pression. La coexistence de $a^{5/2}$ et de ζ donne des formes pseudorhomboédriques (fig. 9, d'après M. Tschermak).

Déformations mécaniques. — Les phénomènes de torsion, de plissement sont fréquents dans les micas de toutes les roches des régions disloquées. Dans les plaques minces de ces roches, les micas se présentent sous la forme de lames extrêmement froissées.

Dureté. — 2,5 à 3. La dureté diminue quand le minéral s'altère.

Densité. — 2,7 à 3,2 ; 2,749 p. blanche du Moun caou, 2,762 p. blonde d'Arignac, 2,789 p. de Pouzac, 2,842 b. de Servance (Delesse), 2,902 anomite du Riveau grand, 2,928 bastonite (Klement), 2,940 anomite de Ramburtet (Fouqué), 2,969 p. verte de Saint-Béat, 3,04 b. de Chanteloube, 3,127 b. de Chamonix (Delesse).

Coloration et éclat. — Noire, verte, brune, jaune brun (biotite), jaune d'or, blanche, incolore (phlogopite), vert émeraude (phlogopite chromifère). La coloration n'est souvent pas identique dans toutes les parties d'un même cristal, parfois plus coloré à la périphérie qu'au centre.

Éclat brillant, plus ou moins nacré, sur le clivage *p* (001). Éclat vitreux sur les faces verticales.

Transparente ou opaque en lames épaisses, toujours transparente en lames minces. Poussière blanche ou grisâtre.

Inclusions. — La biotite est parfois riche en inclusions de nature diverse : celles-ci sont primaires ou secondaires. Le rutile s'y présente le plus souvent en longues aiguilles, orientées parallèlement ou perpendiculairement aux contours hexagonaux des lames ; leur abondance donne lieu parfois au phénomène de l'astérisme (phlogopite). Suivant les mêmes directions, on voit souvent se développer des produits ferrugineux (magnétite, oligiste, voir fig. 12, p. 332). Les inclusions de zircon, d'apatite, de sphène (entourées d'auréoles pléochroïques), de brookite, d'anatase sont également fréquentes.

Propriétés optiques. — Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010) dans la phlogopite et dans la biotite normale ; il lui est perpendiculaire dans l'anomite. Les deux dispositions coexistent fréquemment dans les micas d'une même roche volcanique (Mont-Dore), sans qu'aucun autre caractère constant puisse permettre de distinguer les uns des autres les échantillons présentant ces deux dispositions.

La bissectrice aiguë est *négative* (n_p) et à peu près normale à *p* (001). L'angle 2 V est sensiblement nul dans la plupart des biotites des

granites, des gneiss, des roches grenues basiques de contact des granites et des lherzolites, de beaucoup d'andésites et de trachytes, etc., dans les phlogopites des cipolins et des calcaires modifiés au contact des roches éruptives.

Cet écartement d'axes peut cependant être notable et atteindre 45° (2 V).

Les écartements d'axes suivants ont été mesurés (2 E) :

	Na	Lumière blanche	
Phlogopite des cipolins de St-Philippe, de l'Ariège.	0° à 30°	»	
Bastonite des filons de quartz de Bastogne.	»	10°45' à 12°54'	Klement
Biotite des pegmatites de Montmort.	20°	»	
Biotite verte des serpentines de Saint-Préjet.	25°	»	
Biotite des trachyandésites du Puy Ferrand, de la vallée de Latour (P.-de-D.)	»	30°	Fq.
Biotite de l'andésite de Peyre Arse, de Chastel près Murat (Cantal), des trachyandésites du sommet du Sancy, de Lusclade.	»	35°	Fq.
Vermiculite des serpentines de l'Autunois.	35°	»	
Biotite de couleur claire des enclaves des trachytes du Mont-Dore.	20° à 50°	»	
Biotite (anomite) des trachytes du Mont-Dore	»	68°	Fq.

L'indice moyen (n_g) de la phlogopite de Templeton (Canada) est 1,606 (Na).

La biréfringence des biotites est élevée surtout dans les variétés très ferrifères.

$$\mathbf{n_g} - \mathbf{n_p} = 0{,}045 \text{ à } 0{,}06 \,;$$
$$= 0{,}06 \text{ (biotite de Pranal) (M. L.)}.$$

Pléochroïsme. — Le pléochroïsme de la biotite est intense dans toutes les variétés colorées. Le minimum d'absorption a toujours lieu suivant n_p. Dans beaucoup de micas, les teintes de pléochroïsme sont les mêmes suivant n_g et n_m ; dans les biotites (anomites, etc.) à axes écartés, elles sont, au contraire, très distinctes.

Dans les micas des gisements français, j'ai observé les teintes suivantes dans des plaques de 0mm 02 environ d'épaisseur.

	n_g	n_m	n_p
Biotite : granites, gneiss.	brun rouge.		jaune clair.
syénites néphéliniques de Pouzac.	vert d'herbe et noir.		jaune pâle.
diorites de Segré.	noir.		jaune foncé
porphyrites micacées.	jaune brun plus ou moins foncé.		jaune pâle.
domites du Puy Chopine.	brun noir souvent opaque.		jaune clair.
trachytes du Mont-Dore et cavités des roches volcaniques (anomite).	jaune d'or.	brun rouge clair.	incolore.
enclaves homœogènes des trachytes du Mont-Dore.	brun rouge.	brun clair.	jaune clair.
Phlogopite : calcaires métamorphiques des Pyrénées et des Vosges.	jaune brunâtre		incolore.

La biotite est de tous les minéraux des roches celui qui renferme le plus souvent des *auréoles pléochroïques* autour des inclusions de zircon (fig. 10), parfois d'apatite, de sphène, d'allanite. L'auréole consiste en une sorte d'atmosphère arrondie entourant l'inclusion ; les directions de pléochroïsme sont celles du mica, mais le pléochroïsme y est renforcé. Dans la biotite, il y a opacité souvent complète suivant n_g et n_m. Les auréoles pléochroïques ne disparaissent que sous l'action d'une chaleur élevée, mais inférieure à la décomposition du minéral. A cet égard, il y a lieu de faire remarquer que des auréoles pléochroïques ne s'observent pas dans la biotite des roches volcaniques du Plateau Central de la France, pas plus que dans celle de leurs enclaves énallogènes, alors même que ces auréoles existent normalement dans le mica de ces dernières roches en place. Il faut mettre la disparition des auréoles des micas de ces enclaves sur le compte des phénomènes calorifiques subis par celles-ci pendant leur englobement dans le magma volcanique. M. Michel Lévy a fait voir (*C.R.* IX. 873. 1889 et 1894) que la biréfringence et la réfringence du mica augmentent dans les auréoles pléochroïques.

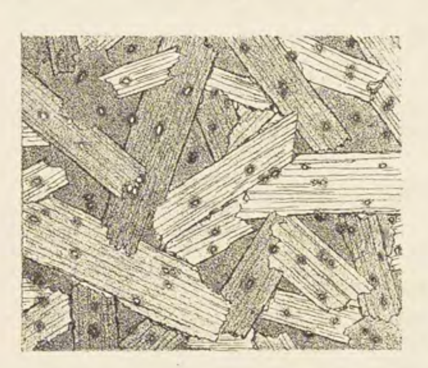


Fig. 10

Lame mince de la roche de biotite de Lativelet (Saône-et-Loire) montrant de nombreuses auréoles pléochroïques autour des inclusions de zircon et d'apatite.

Groupements réguliers de biotite et d'autres minéraux. — Biotite et muscovite. — La biotite accompagne fréquemment la muscovite. Souvent les deux minéraux s'empilent d'une façon quelconque, mais, souvent aussi, ils s'associent d'une façon régulière, la muscovite englobant la biotite; ce fait s'observe surtout dans les granulites et les pegmatites à deux micas. Il n'est pas rare alors de constater que les deux minéraux qui possèdent la même orientation ont des formes différentes, la muscovite se présentant par exemple sous forme de lames losangiques alors que la biotite est allongée suivant une arête pg^1 (001)(010) (fig. 11), $p\zeta$ ou pd.

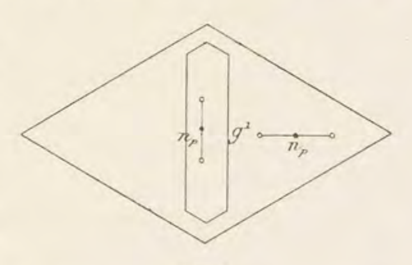


Fig. 11

Lamelle de biotite allongée suivant pg^1 (001) (010. incluse dans une lame losangique de muscovite)

Biotite et chlorite. — La biotite s'associe parfois avec la chlorite (pennine, clinochlore) de la même façon qu'avec la muscovite; il ne s'agit pas ici, bien entendu, des chlorites formées par épigénie de la biotite.

Biotite, amphibole ou pyroxène. — La biotite s'associe fréquemment aux amphiboles et aussi aux pyroxènes. Sa face p (001) s'accole sur leurs clivages, soit que sa production soit contemporaine de celle de ces minéraux, soit qu'elle ait lieu à leurs dépens.

Biotite, oligiste et magnétite. — Voir page 326 les groupements réguliers de ces divers minéraux dans les sanidinites du Cantal.

Composition chimique. — Beaucoup de biotites ont la formule d'un orthosilicate; d'après M. Tschermak, elle serait intermédiaiaire entre

$$(H.\,K)^2\,(Mg.\,Fe)^2\,Al^2\,Si^3\,O^{12} \text{ (véritable biotite)}$$
$$\text{et} \quad (HK)^2\,(Mg\,Fe)^4\,(Al.\,Fe)^2\,Si^4\,O^{16}.$$

Dans la variété plus ferrifère, la lépidomélane, une grande partie de l'alumine est remplacée par du sesquioxyde de fer.

Les phlogopites renfermeraient les molécules

$$K^3\,Al^3\,Si^3\,O^{12}, \quad Mg^6\,Si^3\,O^{12} \quad \text{et} \quad H^4\,Si^5\,O^{12} \quad (\text{ou } Si^5\,F^{12}\,O^4)$$

dans le rapport 3 : 4 : 1. La proportion de fer remplaçant le magnésium est très variable et peut même être nulle.

Analyses : *a*) de la phlogopite de Saint-Philippe par Delesse (*B.S.G* IX. 121. 1851);

b) de la biotite de l'obsidienne de Ramburtet par M. Fouqué (*B.S.M.* XVII. 522. 1894);

c) de la biotite de la minette de Servance par Delesse (*A.M.* X. 521. 1856);

d) de la biotite de la minette de Weiler par M. Linck (*Z. K.* XI. 65. 1886);

e) de la biotite (*bastonite*) de Libramont par M. Klement (*Tscherm. Mitth*; 21. 1886);

f) de la biotite de la protogine de Chamonix par Delesse (*A.P.C.* VIII. XXV. 114. 1849).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
SiO^2......	37,54	43,4	41,20	36,61	36,91	41,22
Al^2O	19,80	20,4	12,37	15,26	20,04	13,92
Fe^2O	»	9,1	6,03	5,11	20,01	21,31
Mn^2O^3....	»	»	1,67	»	»	»
MgO	30,32	17,1	19,03	16,81	7,96	4,70
FeO......	1,61	»	3,48	8,32	3,73	5,03
MnO......	»	»	»	»	»	1,09
CaO.. ...	0,70	1,7	1,63	2,71	0,95	2,58
K^2O......	7,17	8,6	7,94	7,00	3,07	6,05
Na^2O.....	1,00	0,2	1,28	0,20	0,22	1,40
Li^2O......	»	»	0,22	TiO^2 3,16	»	»
H^2O......	1,51	»	2,90	4,95	6,98	0,90
F.........	0,22	»	1,06	0,20	»	1,58
	99,97	100,5	98,81	100,13	100,34	99,78
Densité	»	2,948	2,842	»	2,928	3,127

Essais pyrognostiques. — Voir page 309. M. Fouqué, en attaquant par l'acide chlorhydrique bouillant la biotite (anomite) du Mont-Dore (*B.S.M.* XV. 196. 1892), a constaté que le minéral se décolore peu à peu sans perdre son action sur la lumière polarisée. Toutefois sa biréfringence diminue graduellement, pour tomber à 0,003 quand le minéral est devenu complètement incolore et uniaxe après une attaque prolongée. Cette observation est fort intéressante en montrant comment peuvent se produire quelques-uns des phénomènes d'altération naturels dont il va être question.

Altérations. — Altérations atmosphériques. — La biotite s'altère facilement sous l'action des agents atmosphériques. Le premier

stade consiste dans la transformation de la couleur, qui de brune devient verte. Le minéral perd en même temps son élasticité, prend un éclat gras; il se transforme ensuite peu à peu en chlorite (surtout pennine), souvent accompagnée ou remplacée par de l'épidote, de la calcite, de la magnétite, du quartz, etc. Les micas chloritisés renferment souvent, en outre, des inclusions microscopiques (d'origine secondaire) de rutile, de brookite, d'anatase. (Voir à ces espèces, t. II).

Le nom de *vermiculite* a été donné à des produits d'altération de la biotite, ayant encore conservé la haute biréfringence de ce minéral, tout en ayant perdu la presque totalité des alcalis et fixé de l'eau. Ces minéraux n'ont plus l'élasticité des micas : leurs lames sont molles, tendres, d'un jaune ou d'un brun à éclat bronzé. A 100° ils perdent de l'eau ; chauffés dans le tube, ils s'exfolient, augmentent considérablement de volume en prenant des formes vermiculées : c'est de cette particularité qu'a été tiré leur nom. Leur composition est trop variable pour qu'il me paraisse possible d'en faire des espèces distinctes. Leur haute biréfringence les éloigne nettement des chlorites.

Altérations dues à la chaleur ou à l'action des magmas volcaniques. — L'étude *microscopique* montre que la biotite des roches volcaniques présente souvent d'intéressants phénomènes de résorption tout à fait analogues à ceux de la hornblende. Sans perdre sa forme, elle s'entoure d'une zone opaque de magnétite continue ou constituée par de petits octaèdres accolés les uns aux autres. Ils peuvent faire disparaître complètement le mica ou se développer localement au milieu de lui. De l'augite vient souvent aussi accompagner la magnétite et il n'est pas rare de voir se reformer de la biotite à la place de l'ancien cristal.

Les mêmes phénomènes se produisent aux dépens de la biotite des enclaves homœogènes du basalte de Montaudou. L'augite néogène accompagne des produits ferrugineux formés au milieu du mica corrodé ; elle constitue des squelettes de grands cristaux par le groupement à axes parallèles d'un grand nombre de petites baguettes allongées suivant l'axe vertical.

Dans les enclaves énallogènes des roches volcaniques, la biotite subit de nombreuses modifications. Sous l'action de la chaleur seule (bombes des tufs basaltiques), elle prend une couleur rouge foncé (rubellane), avec un éclat cuivré. Elle devient ensuite opaque par pro-

duction d'hématite ; plus tard, elle fond, donnant naissance à des spinellides (magnétite, spinelles verts ou jaunes), à de l'hypersthène, rarement à de la sillimanite et parfois à des recristallisations de biotite. Ce dernier stade d'altération ne peut être étudié qu'au microscope. (Pour plus de détails, voir *Les encl. des roches volc.*, 1893).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La biotite et la phlogopite sont très abondantes. Je les considérerai successivement :

1° Dans les roches éruptives (biotite) ;

2° Dans les roches métamorphisées au contact des roches éruptives (biotite et phlogopite) ;

3° Dans les schistes cristallins (biotite et phlogopite) ;

4° Dans les roches détritiques provenant de la décomposition des roches précédentes.

Je ne citerai que ceux des gisements qui présentent quelque particularité intéressante. On pourrait allonger cette liste à l'infini, si l'on voulait citer tous les gisements français de biotite.

1° *Dans les roches éruptives.*

a) *Dans les granites, granulites et pegmatites.*

La biotite plus ou moins ferrugineuse est un élément constitutif du *granite* ; elle se rencontre dans les *granulites* (granulite à deux micas) et enfin dans beaucoup de *pegmatites*.

Dans les granites et les granulites, elle forme des paillettes hexagonales à contours géométriques nets, qui, sauf de rares exceptions, sont de petite taille. La biotite est un des éléments anciens de ces roches ; elle renferme le zircon, l'apatite, la magnétite à l'état d'inclusions. Elle y est souvent altérée, prend alors une teinte verte et un éclat gras qui autrefois l'ont fait confondre avec le talc (notamment dans la protogine du massif du mont Blanc).

Les granites renferment en abondance des nodules de grosseur variable constituant, soit des enclaves homœogènes, soit des enclaves énallogènes, qui sont en général extrêmement riches en biotite accompagnée de hornblende, de feldspaths tricliniques basiques et de quartz.

Dans les pegmatites, c'est en grandes lames que se présente la biotite, avec une tendance à s'allonger suivant une arête pg^1 ou pd.

Les plans de séparation y sont très fréquents. Tantôt cette biotite est seule, tantôt elle est intimement associée à la muscovite.

La biotite des granites et des granulites est très ferrugineuse (biotite ou lépidomélane); sa couleur est noire ou d'un brun foncé, en lames minces. Ses axes optiques sont presque réunis. Dans celle des pegmatites, la dislocation de la croix noire est souvent très notable.

Parmi les innombrables gisements français de biotite de roches granitiques, je me contenterai de citer ceux qui, à ma connaissance, se recommandent par leur richesse ou qui présentent quelque particularité spéciale.

Normandie. — *Calvados*. — Les pegmatites de la carrière de Bellière, près Vire, renferment de belles lames de biotite.

Orne. — Les granulites et pegmatites à muscovite du Pont-Percé, près Condé-sur-Sarthe, aux environs d'Alençon, sont à signaler pour la netteté des lamelles de biotite qui s'y rencontrent parfois associées à la muscovite.

Bretagne. — *Finistère*. — On trouve la biotite en grandes lames associées à la muscovite dans la pegmatite de Keranbleis en Plomelin, de Kerhat en Pluguffan ; dans ce dernier gisement, la muscovite forme des lames losangiques, tandis que la biotite qu'elle englobe est allongée suivant l'arête $p\, g^1$ (001) (010) (fig. 11).

La biotite forme de grandes lames plissées et gondolées, constituant parfois des blocs de plusieurs décimètres de longueur dans les pegmatites à l'est de Plouguin ; par altération, ce mica prend l'aspect de la vermiculite. Les mêmes minéraux abondent dans les pegmatites de Kerobistin en Combrit, etc.

Morbihan. — Les pegmatites et granulites du Morbihan renferment souvent de grandes lames de biotite. A signaler à ce point de vue, près de Vannes, la butte de Kerino, Kertanguy, Kerhelio, la pointe entre Kervoyer et Roguédas (petites lames très allongées titanifères), la baie de Salins dans le golfe du Morbihan (avec rutile) (de Limur, *op. cit.*, 81) Hervezenec en Lignol (grandes lames allongées suivant l'arête pg^1 (001) (010) et prenant par altération l'aspect de la vermiculite).

Loire-Inférieure. — La biotite se rencontre en grands cristaux hexagonaux de 5^{cm} sur 7^{mm} à aspect de vermiculite allongées suivant pg^1 dans un filon de granulite traversant les gneiss au Champ-Neuf, à 4 kilomètres de Frossay. M. Baret a signalé ce minéral associé

à la muscovite dans les pegmatites et granulites de Saint-Clair et à Grillaud, près Nantes, à Batz, au Pouliguen, etc. Elles atteignent 7 ou 8^{cm} de longueur sur quelques millimètres de largeur ; les lames sont alors allongées suivant l'arête $p\ g^1$ (001) (010) et s'entrecroisent souvent sous des angles de 60° et 120°. Je dois à M. L. Bureau la communication d'un échantillon de quartz à grandes lames de biotite altérée recueilli près de l'église Saint-Clair, à Chantenay-sur-Loire.

Pyrénées. — La biotite se trouve dans quelques pegmatites pyrénéennes ; je citerai les gisements suivants, comme particulièrement intéressants à ce point de vue :

Haute-Garonne. — M. Gourdon m'a signalé de grandes lames de biotite dans la pegmatite de Castel-Vieil, ainsi qu'à Beauregard (avec muscovite palmée) près Bagnères-de-Luchon.

Ariège. — Au sud-ouest d'Ax, entre les ravins de Gnoles et de Paraou (près de Bédeilla), des masses importantes de picrite à hornblende sont traversées par des pegmatites qui, par endomorphisme, se chargent de lames de biotite atteignant plusieurs centimètres de plus grande dimension. Dans le massif du pic Saint-Barthélemy, au pic de Soularac, j'ai également recueilli de très grandes lames du même minéral dans les pegmatites, ainsi que dans celles de la haute vallée d'Auzat, du massif du pic des Trois-Seigneurs, etc.

Pyrénées-Orientales. — Elle abonde dans les pegmatites à muscovite de Saint-Martin de Fenouillet, etc.

Plateau Central. — *Lozère*. — La granulite de l'ancien bocard de Bluech en Saint-André-de-Lancize renferme de nombreuses lames de biotite verdie par les actions secondaires et associée à de la pyrite. Elles sont allongées suivant $p\ g^1$ (001) (010) et généralement groupées de façon à constituer des étoiles dont les branches se coupent sous des angles de 60° et de 120° (M. Fabre).

Cantal. — Les filons de pegmatite qui traversent les gneiss amphiboliques de Molompize renferment, associées à divers feldspaths tricliniques qui seront étudiés plus loin, de grandes lames de biotite souvent altérées et présentant alors l'apparence de la vermiculite.

Corrèze. — De larges lames de biotite ayant 15^{cm} de diamètre ont été trouvées dans les pegmatites de Sainte-Féréole, près Brive.

Haute-Vienne. — La biotite est très abondante dans les pegmatites des environs de Chanteloube, des Hureaux en Saint-Silvestre et no-

tamment à la carrière de la Vilate (voir à *orthose*), où elle constitue, au milieu des pegmatites, soit seule, soit associée à de la muscovite, d'énormes masses dont les lames micacées dépassent 10^{cm} de plus grande dimension. Elles sont souvent imprégnées d'oligiste secondaire et deviennent alors d'un rouge de rouille plus ou moins foncé (rubellane). C'est aussi à la biotite qu'il y a lieu de rapporter la soi-disant astrophyllite du Limousin.

Dans les carrières de granite à pavé de l'Ozete près Limoges, M. Michel Lévy a observé, au contact immédiat des micaschistes et du granite, une pegmatite granitique à grands éléments, riche en larges lames de biotite, qui présentent la particularité d'être remplies de larmes de quartz ayant la forme du quartz de corrosion et produisant ainsi une sorte de pegmatite graphique.

Puy-de-Dôme. — La biotite en grandes lames accompagne la muscovite dans beaucoup de pegmatites du Puy-de-Dôme, et, en particulier, dans celles des environs d'Ambert et d'Arlanc, de Berzet, des environs de Saint-Amand Tallende, etc.

Rhône. — La biotite en lames hexagonales allongées se rencontre dans beaucoup de pegmatites du Lyonnais.

Fournet a décrit en 1836 sous le nom de *vaugnérite* une roche très micacée découverte près de Vaugneray et retrouvée par M. Gonnard (*C. R.* XCVII. 1135. 1883) à la carrière du Diable, à Irigny. Nous avons montré, M. Michel Lévy et moi (*B. S. M.* X. 28. 1887), que cette roche, qui constitue, près de Vaugneray et de Messimy (ancien moulin des Pinets), un large dyke au milieu des gneiss, n'est qu'un granite amphibolique très riche en biotite. Celle-ci forme de larges lames atteignant parfois plusieurs centimètres de longueur sur 4 ou 5^{mm} de large.

A Irigny, les lames de mica, dont l'allongement suivant pg^1 (001) (010) est très net, peuvent être détachées de la roche, qui est très altérée; celle-ci forme un filon dans la granulite, d'après M. Gonnard. Ces diverses roches sont très riches en apatite.

Morvan. — *Saône-et-Loire*. — La biotite est assez abondante dans les pegmatites à muscovite de l'Autunois (vallée de Marmagne, etc.).

M. Berthier m'a communiqué des échantillons de biotite qu'il a recueillis à Montortu en Montmort; ils proviennent de masses atteignant 10 kgr., associées à des lits de quartz. Cette biotite est en voie

d'altération ; elle possède les propriétés de la vermiculite. Les pegmatites de la Tagnière renferment de la biotite en lames allongées suivant $pd^{1/2}$ [avec plans de glissement suivant ζ (135)] et croisées suivant des angles de 60° et 120°.

M. Michel Lévy a étudié un accident intéressant de la granulite de cette région (*B. S. M.* V. 133. 1882). Sur la route de Mesvre à Autun, un peu au-dessus du hameau de Lativelet et à 100 mètres au-dessus de Champ-Rond, la masse de granulite et de pegmatite formant les montagnes de Montjeu est percée par des veines d'une roche noire essentiellement constituée par des lames de biotite très ferrifère atteignant 4^{mm} de diamètre. Elles sont associées à fort peu de muscovite et à beaucoup d'apatite verdâtre et de zircon. Ce mica est remarquable par la beauté des auréoles pléochroïques qu'il renferme (fig. 10).

Yonne. — Les pegmatites qui abondent entre Chastellux-sur-Cure et Avallon renferment de belles lames de biotite associées à de la muscovite.

Vosges. — Les pegmatites à grands éléments des Vosges contiennent fréquemment de grandes lames de biotite. M. Kampmann m'a signalé au musée d'Épinal un bloc de pegmatite du Rauenthal [Alsace] renfermant des lames de ce minéral allongées suivant l'arête pg^1 (001) (010) et mesurant 25^{cm} de plus grande dimension.

Madagascar. — Les pegmatites du massif d'Ankaratra paraissent riches en biotite ; de grandes lames atteignant un décimètre de plus grande dimension ont été rapportées par divers voyageurs.

Guyane française. — La collection du Muséum renferme des échantillons de biotite un peu altérée à apparence de vermiculite, provenant des granulites de la crique Boulanger.

b) *Dans les microgranulites et les rhyolites (porphyres à quartz globulaire et pétrosiliceux).*

Dans les microgranulites, les rhyolites anciennes (porphyres pétrosiliceux, plus rarement porphyres à quartz globulaire), la biotite forme de petites paillettes hexagonales, à contours nets, souvent verdies par altération. Dans les roches françaises, ces lames dépassent rarement 1^{mm} de diamètre.

c) *Dans les diorites, les diabases, les gabbros, les norites.*

Dans les diorites, les diabases, les gabbros et norites français, la biotite brune ne joue qu'un rôle accessoire ; elle présente les caractères de la biotite des roches granitiques.

Elle est souvent associée à la hornblende brune et s'est fréquemment formée à ses dépens. Elle se développe souvent aussi autour de la magnétite.

Ce genre de gisement ne fournit que des échantillons presque microscopiques de biotite. Il faut toutefois en excepter des roches curieuses que j'ai trouvées au milieu des schistes cristallins du sud d'Ax (Ariège), dans lesquels la biotite en grandes lames d'un blond foncé interpénètre et même remplace la hornblende.

A côté de ces gisements, il y a lieu de placer une curieuse biotite noire, ayant l'aspect extérieur de la stilpnomélane, mais présentant la biréfringence et la richesse en alcalis d'une biotite. Elle forme des masses à grandes lames plissées dans les gisements de magnétite de Minguet (concession d'Oudon près de Segré (*Maine-et-Loire*) (grès armoricains). Les échantillons que j'ai étudiés m'ont été remis par M. L. Davy, qui a publié une étude sur les minerais de fer de cette région (*Bull. Soc. industrie minér.* IX. 1880). D'après les renseignements que je dois à M. Davy, ce mica formait, avec sidérose, quartz et quelques mouches de galène, un petit filon de quelques centimètres d'épaisseur au contact des couches de magnétite et d'une diorite altérée : la diorite a certainement fourni au moins une partie des éléments nécessaires à la production de cette biotite.

d) *Dans les péridotites et les hornblendites.*

Pyrénées. — *Ariège*. — La lherzolite des Pyrénées ne renferme pas de mica primaire, mais la biotite d'un brun foncé abonde dans les hornblendites, en filons dans cette roche à l'étang de Lherz ; elle possède des teintes de pléochroïsme analogues à celles de la hornblende qu'elle accompagne. Il est possible qu'une portion au moins de cette biotite soit d'origine secondaire et formée aux dépens de la hornblende de cette roche, qui porte l'empreinte de puissantes actions mécaniques.

Les picrites à hornblende que j'ai découvertes dans les schistes cristallins du pic Saint-Barthélemy et du sud d'Ax (pic de Bédeilla et

Petches, Ariège) renferment une biotite d'un blond pâle presque incolore, en lames minces, associée à du clinochlore (fig. 15, p. 186). La structure de cette roche est pœcilitique.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* — Je dois à l'obligeance de M. Bouchard de belles masses lamellaires de biotite verte qui, dans la serpentine de Coureuges en Saint-Préjet-Armandon, accompagne des filonnets d'asbeste.

Morvan. — *Saône-et-Loire.* — MM. de Charmasse et Michel Lévy ont trouvé aux Descloyes, près Marmagne, une vermiculite en lames de plusieurs centimètres de diamètre, à éclat gras, d'un jaune bronzé verdâtre. Elle se coupe aisément au couteau et possède la biréfringence de la biotite.

Vosges. — Dans un échantillon de lherzolite à kélyphite en voie de serpentinisation provenant de Noyeumont, j'ai observé une biotite d'un vert de cuivre qui est probablement d'origine secondaire. De grandes lames de biotite noire se trouvent dans la serpentine des Xettes, etc.

e) *Dans les roches du groupe des porphyrites micacées (kersantites, minettes, orthophyres et porphyrites micacées).*

La biotite constitue un des éléments essentiels et caractéristiques des kersantites, des minettes et de toute une série de roches à microlites d'orthose ou de feldspath triclinique. L'ensemble de ces roches constitue une famille géologique désignée par M. Michel Lévy sous le nom de *porphyrites micacées* (lamprophyres de M. Rosenbusch *pro parte*). Ces roches sont le plus généralement filoniennes. La biotite s'y observe en lames microscopiques pouvant atteindre plusieurs millimètres de diamètre et présentant, au point de vue de leur taille, tous les passages avec les microlites microscopiques qui abondent dans les types microlitiques de ces roches. Ces lames sont hexagonales ou losangiques. Elles sont fréquemment constituées par le groupement à axes parallèles d'un grand nombre de petites lamelles de même forme.

Au microscope, on constate que le minéral est généralement d'une couleur plus pâle que celle de la biotite du granite. Le bord des cristaux est souvent plus foncé que leur centre.

Les axes optiques sont toujours très peu écartés; souvent même, la croix noire, en lumière convergente, se disloque à peine; le plan des

axes optiques est tantôt parallèle à g^1 (010) (c'est le cas le plus fréquent), tantôt perpendiculaire à g^1 (010) (anomite) [orthophyre de Jersey, etc]. Les inclusions primaires de magnétite, de zircon, d'apatite, etc., sont fréquentes. Les inclusions secondaires de rutile, d'anatase, de brookite (Cercié, Rhône, etc.), se rencontrent souvent dans les micas en voie d'altération.

En France, les kersantites se trouvent surtout en Bretagne (hôpital Camfron, près Brest, etc.), dans les Vosges (environ de Sainte-Marie-aux-Mines, etc.), les minettes, dans les Vosges (Framont, etc.).

Quant aux orthophyres et aux porphyrites micacées microlitiques, on les rencontre en abondance en Bretagne, dans le Plateau Central (Auvergne, Lyonnais, Morvan), dans les Vosges, etc., formant le plus souvent des filons dans le granite, dans les schistes cristallins ou paléozoïques. On les observe aussi, mais plus rarement, en coulée [Morvan (M. Michel Lévy), en Corse (Sisco, coulées interstratifiées dans les schistes à séricite, d'après M. Nentien), etc.].

f) *Dans les roches volcaniques et leurs enclaves homœogènes.*

α) Comme élément essentiel.

Trachytes et andésites acides. — Le gisement principal de biotite dans les roches du Plateau Central et de l'Algérie se trouve dans les trachytes et les andésites acides. On y rencontre ce minéral en grands cristaux, qui, dans les coulées, présentent souvent les phénomènes de résorption décrits plus haut; ce n'est que dans quelques roches filoniennes que le mica a été rencontré en microlites (vallée de la Cour au Mont-Dore, etc.).

La biotite de ces roches se présente en petites paillettes hexagonales très minces, souvent allongées suivant l'arête pg^1 (001) (010); de bons exemples de ce minéral peuvent être recueillis dans les dômites de la chaîne des Puys. Sa couleur est noire.

En lames minces, il se présente, suivant les gisements, avec des couleurs et une intensité de pléochroïsme variables. L'angle des axes optiques (2 E) varie de 0° à 68° environ. Le plan des axes est tantôt parallèle à g^1 (010), tantôt perpendiculaire à cette face comme dans l'anomite. Les deux variétés peuvent coexister dans la même roche (Fouqué, *B. S. M.* XV. 196. 1892). Les variétés du type anomite ont en général leurs axes assez écartés; grâce à des teintes de pléochroïsme différentes suivant n_g et n_m, il est possible de constater

facilement les macles polysynthétiques, qui sont plus difficiles à voir dans les micas à deux axes presque réunis. Les bandes hémitropes sont parfois très nombreuses (trachyte quartzifère à biotite des Chazes au Lioran (Cantal)).

D'après M. Fouqué, les anomites sont surtout abondantes dans les trachytes et andésites du Mont-Dore (Cliergue, pic du Sancy, vallée de la Cour, Morange sur le revers sud du Sancy, Lusclade près de la Bourboule, etc.), bien que se rencontrant aussi, mais plus rarement, dans le Cantal (trachyte de l'Escarpement du Croizet près Thiézac, dykes du Lioran, etc.). D'après mes observations, l'anomite est fréquente dans la dômite de la chaîne des Puys.

Les sanidinites de Menet (Cantal) renferment de la biotite en partie altérée par la chaleur et présentant, avec la magnétite et l'oligiste, des associations régulières. Les faces a^1 (111) de la magnétite et a^1 (0001) de l'oligiste s'accolent sur la face p (001) de la biotite ; tous ces minéraux ont donc un axe ternaire ou pseudoternaire commun. Les côtés de la face octaédrique de la magnétite ou des lames d'oligiste sont parallèles à celles du mica. J'ai signalé (*Les enclaves des roches volcaniques*, p. 368) la fréquence, dans les andésites du Cantal, de ségrégations granitoïdes, constituées par de la hornblende, de l'apatite, de la magnétite englobées par des feldspaths tricliniques basiques auxquels se joint de la biotite ayant une tendance à l'ophitisme (carrière de Boué au Lioran, Chavaroche, Chairouche et route d'Albepierre à Murat (dans trachyte)). La biotite et la hornblende ont souvent la même couleur.

Je ne me suis occupé jusqu'ici que des roches volcaniques (trachytes et andésites) tertiaires ou posttertiaires. Leurs équivalents antétertiaires (orthophyres et porphyrites) renferment aussi de la biotite qui présente les mêmes altérations que dans le granite (Voir page 324 pour les types filoniens). La biotite se rencontre aussi dans toutes ces roches comme élément secondaire généralement microscopique.

Phonolites et Leucotéphrites. — La biotite est peu abondante dans les phonolites d'Auvergne, en grands cristaux toujours plus ou moins résorbés, comme, du reste, la hornblende qu'elle accompagne.

Le même minéral se trouve aussi dans la *leucotéphrite* carbonifère de la Place près Clermain (Saône-et-Loire).

Basaltes et labradorites. — C'est sous la même forme et avec les mêmes particularités que la biotite se rencontre en grands cristaux dans quelques basaltes du Plateau Central.

Elle existe à l'état de fins microlites indépendants dans quelques filons de basalte (Mont-Dore, Cantal) et se trouve parfois associée à la magnétite et à l'ilménite dans la pâte microlitique de certains basaltes épanchés. Ses lamelles sont parfois en très grand nombre enfilées dans des cristallites de magnétite, donnant ainsi des assemblages microscopiques fort intéressants, que M. Michel Lévy a notamment décrits dans le basalte semi-ophitique (basalte demi-deuil) du Mont-Dore (Banne d'Ordenche, Fougères), où ils sont extrêmement abondants (*B. S. G.* XVIII. 830. 1890); M. Boule les a retrouvés dans les labradorites et les basaltes du Velay (*B. C. F.* n° 28. 1892).

J'ai recueilli (*Les enclaves des roches volcaniques*, p. 478) en enclaves dans le basalte de Montaudou, près Royat, des nodules à grands éléments d'augite et de hornblende, renfermant parfois une biotite d'un brun verdâtre et de l'olivine. Cette biotite, de même que la hornblende, présente les curieux phénomènes de fusion et de recristallisation dont j'ai parlé page 317.

β) Dans les fissures, comme élément drusique.

La biotite ne se rencontre pas seulement dans la pâte des roches volcaniques ; elle se trouve aussi dans leurs fentes, où elle a été produite sous l'action de fumerolles (voir page 330 au paragraphe des enclaves).

On peut citer à ce point de vue les andésites augitiques de Volvic (Puy-de-Dôme), divers trachytes du Mont-Dore, les laves basaltiques de la chaîne des Puys et particulièrement celles du puy de Pariou. La biotite formée dans ces conditions est transparente, d'un jaune plus ou moins pâle ; elle est implantée perpendiculairement ou obliquement à la gangue. Ses lamelles très minces sont losangiques ou hexagonales, souvent maclées par empilement suivant *p* (001). L'écartement des axes et l'orientation du plan des axes sont souvent ceux de l'anomite des trachytes du Mont-Dore. C'est évidemment à ces lamelles micacées que von Lasaulx a fait allusion quand il a signalé (*N. J.* 1869. 842) des lamelles d'un *mica blanc potassique* dans les cavités des laves du Pariou et de Volvic. Le mica de ces gisements ne peut en aucune façon être assimilé à la muscovite.

2° *Dans les roches métamorphisées par les roches éruptives.*

a) *Contact du granite et de la granulite.*

La biotite est un des minéraux métamorphiques se produisant le plus fréquemment dans les schistes et les grès argileux au contact du

granite et de la granulite (*schistes micacés*, *schistes tachetés*, *schistes maclifères*). Elle n'y forme généralement que de petites paillettes possédant une structure caractéristique. Comme dans la biotite des schistes cristallins, ces paillettes sont dépourvues de formes géométriques, ce qui les différencie des micas du granite, mais, de plus, au lieu d'être distribuées au milieu des éléments non ferrugineux de la roche comme dans les gneiss et les micaschistes, elles les moulent, les englobent, car elles leur sont postérieures (fig. 20, page 41).

Dans les roches de contact, la biotite forme souvent aussi de très petites paillettes lenticulaires, englobées par d'autres minéraux métamorphiques (cordiérite, andalousite, grenat, feldspath, quartz, etc.). Elle englobe parfois la matière organique opaque de la roche au milieu de laquelle elle se produit (Normandie, Bretagne, Pyrénées, Plateau Central, Vosges, etc.; voir les gisements de l'andalousite, page 40).

Dans les contacts immédiats du granite et des roches sédimentaires, on observe fréquemment des phénomènes de feldspathisation, particulièrement étudiés par M. Michel Lévy à Saint-Léon (Allier), dans le massif du mont Blanc, à Flamanville (Manche) (*B. S. G.* IX. 181. 1881 et *B. C. F.* n° 9 et n° 36. 1894) et par moi-même dans les Pyrénées françaises; dans ces roches de contact feldspathisées, la biotite est englobée par du feldspath et du quartz plus récents : elle possède par suite la même structure que dans les gneiss.

Dans les calcaires des Pyrénées métamorphisés par le granite, le mica est généralement peu abondant. Quand il existe, il est constitué par des paillettes hexagonales de biotite plus ou moins ferrifère.

Les enclaves schisteuses du granite sont modifiées de la même façon que les mêmes roches situées au contact immédiat de cette roche éruptive : la biotite y est donc extrêmement fréquente.

b) *Contact des lherzolites et des ophites.*

Pyrénées. — J'ai fait voir (*B. C.F.* n° 42. 1895) que le mica est un des minéraux les plus constamment formés dans les calcaires sédimentaires secondaires au contact immédiat de la lherzolite ou des ophites. Il s'y rencontre en abondance considérable, constituant, dans les contacts de lherzolite, de véritables schistes micacés à biotite, comparables, au point de vue de l'abondance du mica, aux roches de contact du granite, avec toutefois une cristallinité souvent plus grande. Il s'y

présente, soit en lamelles arrondies microscopiques, incluses dans les autres minéraux, soit en grandes lames présentant la structure du mica des micaschistes ou celle des schistes micacés de contact des granites. Elles sont généralement riches en inclusions de pyroxène, de tourmaline, etc.

J'ai donné, à l'article *dipyre*, une description assez détaillée de ces curieuses roches métamorphiques entièrement silicatées, pour qu'il soit inutile d'insister davantage. On y trouvera l'indication des localités dans lesquelles on les rencontre.

Je me contenterai de parler ici des micas des calcaires imparfaitement silicatés. On y trouve tous les types intermédiaires entre la phlogopite, dépourvue de fer et incolore, et la lépidomélane très foncée; les lames n'ont généralement que quelques millimètres de diamètre; toutefois, dans un gisement aux environs de Prades, elles atteignent 2^{cm}.

Basses-Pyrénées. — Les calcaires en contact avec la lherzolite du Moun caou en Louvie-Juzon sont très riches en albite et en phlogopite, généralement incolore et ressemblant à du talc ; ce minéral est parfois associé à de la pyrite et à de la leuchtenbergite d'un blanc vert pâle. Au milieu du calcaire, se trouvent des nodules jaunes, essentiellement constitués par de l'albite et une phlogopite d'un blanc jaune plus ou moins foncé, qui se rencontre aussi distribuée irrégulièrement dans le calcaire.

Les schistes micacés à dipyre du moulin de Libarrenx renferment, au contact des ophites, une phlogopite très peu ferrifère parfois incolore.

Hautes-Pyrénées. — Il en est de même de ceux de Pouzac ; la phlogopite forme, sur la route de Pouzac à Bagnères-de-Bigorre, des lits qui ont été souvent pris pour du talc.

Haute-Garonne. — Les calcaires de Saint-Béat (carrière de Rié) renferment de grandes lames de phlogopite blonde associée à une variété d'un beau vert émeraude à axes optiques écartés. On verra, à l'*albite*, la description de masses vert émeraude se rencontrant dans ce calcaire : elles sont colorées par ce même mica en paillettes microscopiques.

Ariège. — Les calcaires et schistes micacés à dipyre des environs d'Engomer, de Seix et de Sentenac présentent, au point de vue des

micas, les mêmes particularités que ceux de Libarrenx. A Seix (en Bleychen), la phlogopite est souvent d'un beau vert foncé.

J'ai trouvé en abondance la phlogopite en lames brun clair dans les calcaires, les anhydrites et les gypses d'Arnave métamorphisés par l'ophite ; le gypse de Betchat contient des lames hexagonales de phlogopite blanche formant parfois des masses de la grosseur du poing.

Les calcaires modifiés par la lherzolite dans la région de Lherz, de Vicdessos, de Lordat, de Caussou et de Prades, sont riches en paillettes hexagonales de phlogopite plus ou moins ferrugineuse. A Prades, au contact immédiat de la lherzolite, j'ai trouvé de très larges lames hexagonales de lépidomélane noire atteignant plusieurs centimètres de diamètre ; elles sont associées à du microcline, du dipyre, de la hornblende, etc. Ce mica devient parfois d'un beau vert, par suite d'un commencement d'altération.

c) *Dans les enclaves énallogènes de roches volcaniques acides.*

Les enclaves gneissiques ou granitiques sont très abondantes dans les trachytes et andésites à biotite ou hornblende du Plateau Central ; j'ai montré (*Les encl. des roches volc.*, 170-201. 1893) que la biotite néogène s'y forme à côté de la biotite ancienne plus ou moins résorbée qui, dans beaucoup de gisements, se transforme en magnétite et hypersthène très ferrifère. Les gisements les plus dignes d'intérêt à ce point de vue sont : dans le *Puy-de-Dôme*, le rocher du Capucin (Mont-Dore), Fontenille ; dans le *Cantal*, Menet, les environs de Lioran (carrière de Boué), etc. ; dans la *Haute-Loire*, Monac, etc.

Les trachytes du Mont-Dore (Le Capucin, Riveau Grand) renferment des enclaves de roches volcaniques plus anciennes (trachytes ou andésites) dont j'ai décrit les transformations (*op. cit.*, 241). Leurs cavités sont tapissées de nombreux cristaux d'espèces étudiées dans cet ouvrage (*augite*, *hypersthène*, *hornblende*, *tridymite*, *orthose*, *magnétite*, *oligiste*, *pseudobrookite*, *fayalite*, etc.) ; elles sont très fréquemment associées à des lames hexagonales d'un mica d'un blond clair présentant les macles des micas, surtout par empilement suivant p (001). Elles atteignent rarement 2^{cm} de diamètre.

Ce mica a les propriétés optiques de l'anomite, ses axes (2 E) sont écartés de 20° à 50°. Les macles sont très visibles dans les lames minces, grâce au pléochroïsme très différent dans la direction des

trois indices principaux (voir page 313). La roche du Riveau Grand, la plus riche en mica de ce genre, est un trachyte augitique à olivine et à grands cristaux de sanidine d'un gris clair. Ses cavités sont tapissées de beaux cristaux de hornblende et de mica.

Le mica et la hornblende ne se sont pas seulement produits dans les cavités de la roche : ils l'ont en quelque sorte imprégnée.

La formation de ces minéraux est due à des phénomènes de fumerolles comparables à ceux qui ont accompagné l'éruption du Vésuve en 1872.

3° *Dans les roches de la série des schistes cristallins ou paléozoïques.*

a) *Dans les roches schisteuses.*

La biotite est un des éléments essentiels des gneiss, d'un grand nombre de micaschistes, de chloritoschistes et de schistes micacés. Elle se présente surtout en grande quantité dans les micaschistes. Elle possède généralement les mêmes propriétés que dans le granite, bien qu'elle ait parfois une couleur verte primaire, surtout observée dans les roches où elle est associée à la hornblende ou aux chlorites (Pont-du-Cens, près Nantes, etc.). Par contre, elle se présente rarement dans les gneiss en cristaux distincts; elle constitue d'ordinaire des lames irrégulières dépourvues de formes géométriques, alignées suivant la schistosité ou le rubanement de la roche. Les déformations mécaniques y sont extrêmement fréquentes.

On trouve cependant parfois des lames de biotite à contours géométriques très nets dans les micaschistes, les chloritoschistes et les schistes micacés. Je citerai spécialement à cet égard un chloritoschiste grenatifère de la mine de Balade (Nouvelle-Calédonie), dans lequel de longues lames de biotite d'un noir foncé, très allongées suivant l'arête pg^1 (001) (010), sont disposées en faisceaux palmés.

Dans les micaschistes, la biotite est fréquemment associée à la muscovite, soit d'une manière régulière, soit d'une façon quelconque.

Les inclusions sont les mêmes que dans la biotite du granite, les inclusions primaires de rutile sont abondantes dans certains gisements. Dans une biotite noire verdâtre constituant les micaschistes à disthène d'Ivongo (côte N.-E. de Madagascar), les auréoles pléochroïques développées autour du zircon sont tellement abondantes que par places elles se touchent.

La fig. 12 représente une lame de biotite uniaxe des schistes granulitisés des environs du Bourg-d'Oisans, qui a été recueillie par M. de la Durandière. Ce mica, se transformant en vermiculite, possède des inclusions ferrugineuses opaques distribuées suivant trois directions qui se coupent sous des angles de 60° et de 120°. En l'absence de formes extérieures et en raison de l'altération du minéral, qui ne permet d'obtenir aucune figure de choc ou de pression distincte, je ne sais si elles sont distribuées parallèlement ou perpendiculairement au contour hexagonal.

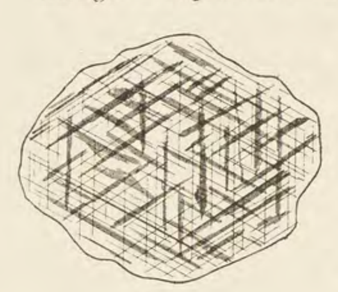


Fig. 12.
Lame de biotite du Bourg-d'Oisans riche en inclusions ferrugineuses.

Il me semble inutile d'énumérer ici des gisements français de schistes cristallins qui ne présentent pas de particularités d'un intérêt spécial.

[**Ardenne belge**]. — Le nom de *bastonite* a été donné par Dumont à une biotite brunâtre en voie d'altération qui se trouve dans les filons quartzifères des environs de Bastogne et peut-être aussi dans les assises gedinniennes qu'ils traversent (analyse *e*).

b. Dans les cipolins.

Le mica qui se trouve le plus fréquemment dans les cipolins des gneiss est la phlogopite, en petites lamelles hexagonales d'un blond plus ou moins clair. Ce mica est cependant parfois assez ferrifère et quelquefois constitué par une véritable biotite.

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. — Les calcaires de Ville-ès-Martin, près Saint-Nazaire, renferment de la phlogopite et de la biotite ; celle-ci est quelquefois altérée et riche en inclusions de rutile et de brookite.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. — Les cipolins du massif gneissique du Labourd renferment en abondance de la phlogopite en petites paillettes hexagonales d'un brun jaune, ceux du tunnel de Cambo et ceux de toute la bande calcaire que l'on observe entre Itsatsou, Louhossoa et Hélette sont notamment remarquables à ce point de vue. Dans la carrière d'Itsatsou, il existe aussi un beau mica vert émeraude, qui est une muscovite.

Hautes-Pyrénées. — J'ai observé de la phlogopite dans les cipolins

intercalés dans les schistes cristallins de la montée du lac Bleu, au-dessus de Chiroulet (massif du pic du Midi de Bigorre).

Ariège. — Tous les cipolins du massif du pic des Trois-Seigneurs, des environs du lac Naguille au sud d'Ax, du flanc nord du massif du Saint-Barthélemy (Arnave, Cazenave et surtout Mercus), sont riches en mica plus ou moins ferrugineux se présentant en lamelles hexagonales; mais le plus beau gisement à signaler se trouve sur la rive gauche de l'Ariège, vis-à-vis Mercus, à Arignac. J'y ai trouvé (*B. C. F.* n° 11. 1890) comme à Mercus une très grande abondance de minéraux intéressants : humites (voir p. 123), spinelles, amphiboles, etc. La phlogopite, généralement d'un blond clair, forme, dans le calcaire, des lames atteignant parfois 2^{cm} de diamètre. Elle est distribuée d'une façon quelconque dans la roche ou concentrée avec les autres minéraux dans des lits ou nodules parfois entièrement privés de calcite. Ce gisement peut être comparé aux gisements scandinaves ou américains pour sa richesse en minéraux.

Plateau Central. — Les cipolins sont relativement peu nombreux au milieu des schistes cristallins du Plateau Central : Gioux (*Creuse*), Savenne et Saint-Éloy (*Puy-de-Dôme*), Chalvignac (*Cantal*), Sussac (*Haute-Vienne*). La biotite ne s'y trouve qu'en petites paillettes.

Vosges. — [*Alsace*]. —Les cipolins d'Alsace sont riches en phlogopite. A ce point de vue, ceux de la carrière Saint-Philippe, près Sainte-Marie-aux-Mines, méritent une mention spéciale. La phlogopite s'y trouve en lamelles hexagonales d'un blond clair, associée aux spinelles, aux humites, etc. (analyse *a*). Elle s'y trouve aussi en lames d'un brun ou d'un blond plus ou moins foncé servant d'enveloppe aux nodules feldspathiques transformés en pseudophite dont il sera question plus loin (voir à *pennine*). Elle est alors implantée perpendiculairement à la surface du nodule auquel elle forme une enveloppe fibrolamellaire. Il existe aussi des nodules de pyroxène, de spinelle, de pyrrhotine et de calcite ayant une semblable enveloppe.

Vosges. — Le même minéral se trouve aussi dans les cipolins du Chipal.

4° *Dans les roches détritiques.*

Les cours d'eau de toutes les régions renfermant des schistes cristallins ou des roches granitiques charrient des paillettes de biotite

provenant de la désagrégation de ceux-ci. On en trouve aussi dans les roches sédimentaires appartenant à toutes les époques géologiques antérieures à la période actuelle ; elle y est le plus souvent chloritisée et y a une semblable origine.

ZINNWALDITE

$(K, Li)^3$ Fe Al^3 Si^5 O^{16} $(OH, F)^2$

Monoclinique. — Très voisine de forme et d'aspect de la biotite.

La zinnwaldite présente la macle des micas, les clivages indiqués pour la biotite ; elle forme souvent des rosettes. Sa dureté est de 2,5 à 3 ; sa densité de 2,82 à 3,20.

Sa couleur est le violet pâle, le jaune ou le gris noir ; le plan des axes est parallèle à g^1 (010) ; 2 E (Na) = 50 à 65°.

On a vu plus haut que ce mica fond plus facilement encore que la lépidolite mais en un verre noir.

La zinnwaldite se rencontre particulièrement dans les gisements stannifères. Elle est indiquée par M. Rosenbusch comme existant dans les granulites stannifères de la France centrale (*Mikr. physiogr.* I. 587. 1892). Je n'ai pu l'y trouver. En effet, le mica gris de Vaulry (*Haute-Vienne*), le mica jaune (donné dans les collections comme lépidolite jaune) de Chanteloube (*Haute-Vienne*), le mica jaune d'or de Montebras (*Creuse*), qui accompagnent la cassitérite dans ces divers gisements sont constitués par des variétés de muscovite ; au chalumeau, ils ne fondent que sur les bords en un verre blanc, sans donner la réaction de la lithine.

MUSCOVITE

(HK) Al Si O^4

Monoclinique. — Forme primitive très voisine de celle de la biotite.

Macles. — Comme la biotite, avec diverses dispositions qui seront décrites plus loin.

Formes observées et faciès des cristaux. — La muscovite se trouve le plus souvent en lames sans contours distincts ; les cristaux nets sont plus rares dans les gisements français ; ils ont tantôt des formes hexagonales, par suite de l'existence de g^1 (010), associée à des hémipyramides de la zone *pm* (001) (110), tantôt des formes losangiques quand g^1 (010) fait défaut. L'allongement suivant pg^1 (001) (010) est moins fréquent que dans la biotite. Dans les gisements de pegmatite, on trouve souvent de grandes lames offrant cet allongement, qui est dû à la présence de plans de séparation suivant g^1 (010) qui permettent d'extraire de la roche des lames très allongées. Ces cristaux sont souvent limités aussi par des faces $a^{5/2}$ ($\bar{2}05$)(fig. 1), seules ou associées à ζ (135), etc., constituant des plans de glissement. Les lames de muscovite sont parfois allongées suivant une arête $pd^{1/2}$.

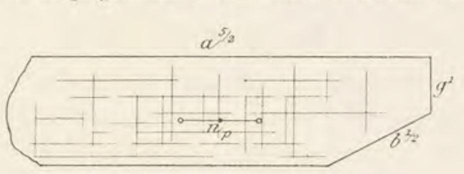


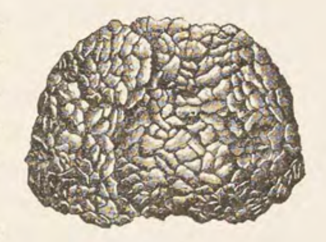
Fig. 1.
Lame de muscovite de St-Etienne.

Ce sont les plans de glissement dont la trace sur *p* (001) donne naissance aux formes pennées extrêmement fréquentes dont les fig. 2 et 3 représentent les types les plus communs.

Fig. 2.
Lame de muscovite de St-Jacut-de-la-Mer (Morbihan), montrant les traces de plans de glissement suivant ζ (135).

Fig. 3.
Lame de muscovite de Plouguin (Finistère), montrant les traces de plans de glissement suivant $a^{5/2}$ ($\bar{5}02$) et ζ (135). Ses bords sont formés par de la muscovite non pennée qui moulait des grains de quartz.

Dans quelques gisements, la muscovite se présente en masses constituées par des lames ayant la forme de calottes sphériques emboîtées les unes dans les autres (*muscovite testacée*, fig. 4). On trouvera page 338 la description de la *muscovite palmée.*


Fig. 4.
Muscovite testacée de Chanteloube.

La *damourite* n'a presque jamais de formes distinctes. Elle constitue des écailles souvent microscopiques parfois groupées en rosettes ; elle se présente fréquemment en petites écailles microscopiques dont la

réunion donne lieu à des masses compactes ou finement grenues.

La *séricite* ne se rencontre qu'en petites paillettes dépourvues de formes géométriques et souvent microscopiques.

La *fuchsite* forme des lames généralement sans contours géométriques.

La *gümbelite* constitue des enduits nacrés.

Déformations mécaniques. — La muscovite présente les mêmes déformations mécaniques que la biotite.

Clivages. — Clivages parfaits et lamelleux suivant p (001) ; plans de séparation d'origine secondaire suivant g^1 (010) et diverses pyramides de la zone pm (001) (110) correspondant aux *figures de choc*, ainsi que suivant $a^{5/2}$ ($\bar{2}05$) et ζ (135) correspondant aux *figures de pression*. Quand les plans de séparation sont très faciles, il est possible de détacher, des lames de muscovite, des lamelles filiformes suivant pg^1, $pa^{5/2}$ (fig. 1), $p\zeta$ ou pd (muscovite des pegmatites).

Les lames du clivage micacé sont flexibles et élastiques (muscovite) ou seulement flexibles (damourite).

Dureté. — 2 à 2,5. La muscovite est souvent âpre au toucher ; la séricité et la damourite, au contraire, sont onctueuses comme le talc.

Densité. — 2,76 à 3; 2,781 m. de la Villeder, 2,792 damourite de Pontivy (Delesse), 2,803 damourite de Montebras, 2,809 m. du col d'Oncet, 2,824 m. uniaxe de Cambon, 2,836 damourite compacte de La Chèze, 2,832 fuchsite d'Itsatsou, 2,844 m. d'Alger (M. Gen 1), 2,855 m. de Fay.

Coloration et éclat. — Incolore, blanche, grise, jaune, verte (*fuchsite*), rosée. Transparente ou translucide.

Éclat vitreux, nacré sur les lames de clivage ; soyeux (séricite). Poussière incolore.

Inclusions. — La muscovite renferme parfois en inclusions microscopiques des cristaux de zircon, d'apatite, de quartz, des grenats (aplatis parallèlement au clivage du mica), des spinellides, de la tourmaline (fig. 3, p. 88), ainsi que de la magnétite ou de l'oligiste en lames extrêmement minces distribuées le plus souvent parallèlement ou perpendiculairement aux côtés de l'hexagone de base.

Propriétés optiques. — Le plan des axes optiques est perpendiculaire

à g^1 (010). La bissectrice aiguë négative est presque perpendiculaire à p (001).

L'écartement des axes (2 E) est, en moyenne, voisin de 70° dans la muscovite. Il est plus faible dans les muscovites très riches en silice ; j'ai même observé des muscovites en grandes lames sensiblement uniaxes (Cambon, Loire-Inférieure) et Plouguin (Finistère). Il est faible dans la damourite.

La dispersion est $\rho > v$.

	Na	Lumière blanche	
2 E =	»	10° à 12°	damourite de Pontivy
	»	55°	fuchsite de l'île de Groix (v. Lasaulx)
	»	65°	m. de Sainte-Féréole (Corrèze) (de Sénarmont)
	»	68°	» de Bretagne (de Sénarmont)
	»	69°	» de Tarascon (Ariège) (de Sénarmont)
	60°	»	» de l'Ile de Groix (v. Lasaulx) (Li)
	71°	»	» d'Argelès (Pyrénées-Orientales)
	72°	»	» du Col d'Oncet (Hautes-Pyrénées)
	73°	»	» d'Alger (M. Gentil)

Ces dernières valeurs sont les plus communes dans la muscovite des pegmatites à grands éléments.

M. des Cloizeaux a fait voir que l'écartement des axes de la muscovite diminue légèrement avec la température (*Mém. Savants étrangers*, 1867. 77). Il a, en effet, observé, sur la muscovite de la pegmatite d'Alger, pour la lumière rouge :

2 E =

69°44′	à	6°,6 C.	68°38′	à	121°
69°32′	»	47°	68°17′	»	146°,5
69° 4′	»	71°,5	68°15′	»	170°,8
68°56′	»	95°,5	68° 5′	»	185°,8

M. Pulfrich a donné pour les indices d'une muscovite (lumière du sodium)

$$n_g = 1{,}5977$$
$$n_m = 1{,}5936$$
$$n_p = 1{,}5601$$
$$n_g - n_p = 0{,}0376$$

Dans beaucoup de gisements, les macles par accolement et surtout par superposition sont si nombreuses qu'il n'est possible d'obtenir

une lame homogène qu'en clivant des feuillets excessivement minces. On trouve fréquemment dans une même lame hexagonale toutes les orientations possibles de la macle des micas, ainsi que de nombreux phénomènes de superposition d'images en lumière convergente (environs d'Alençon, de Nantes, d'Argelès-sur-mer, etc.).

Pléochroïsme. — Le pléochroïsme est nul dans les lames minces, qui sont incolores ; il est énergique, au contraire, dans les cristaux de muscovite de plusieurs millimètres d'épaisseur, qui possèdent alors une coloration distincte. On observe ainsi :

	muscovite	*fuchsite*
$n_g =$ $n_m =$	brun plus ou moins foncé	vert
$n_p =$	incolore	incolore

La muscovite taillée en lames épaisses perpendiculairement à un axe optique montre le phénomène des houppes.

Les *auréoles pléochroïques* sont moins fréquentes que dans la biotite ; on les observe cependant parfois autour des inclusions de zircon. Les teintes de pléochroïsme observées alors dans les lames minces sont celles qui viennent d'être indiquées pour les plaques épaisses. L'auréole seule est colorée, la plus grande partie du minéral étant incolore.

Au rouge naissant, ces auréoles disparaissent. M. Michel Lévy a constaté que la biréfringence et la réfringence augmentent dans l'auréole pléochroïque (*C. R.* CIX. 973. 1889 et 1894).

Groupements réguliers avec d'autres minéraux. — Muscovite et biotite (voir p. 314). Je n'ai pas rencontré, dans les gisements français, les associations avec la lépidolite fréquentes dans d'autres régions.

Muscovite et quartz. — La muscovite forme avec le quartz des associations pegmatoïdes macroscopiques, tellement identiques à celles que ce dernier minéral constitue avec les feldspaths qu'il m'a paru inutile de les faire représenter (voir à *orthose*). C'est la muscovite qui constitue le minéral enveloppant.

La muscovite présente aussi avec le quartz des associations régulières connues sous le nom de *mica palmé.* A l'œil nu, on constate que celui-ci est constitué par de fines écailles de muscovite groupées en

palmes dont la fig. 5 donne une idée. Dans tous les gisements français où cette variété est fréquente, j'ai constaté par l'examen microscopique que le mica ne constitue qu'une partie des échantillons; il est englobé par de grandes plages de quartz au milieu desquelles les paillettes micacées sont distribuées régulièrement. C'est en quelque sorte l'inverse de la pegmatite précédemment étudiée, le quartz étant ici le minéral englobant. A l'extrémité des palmes, le groupement est souvent à plus grands éléments et ses détails peuvent se voir à l'œil nu.

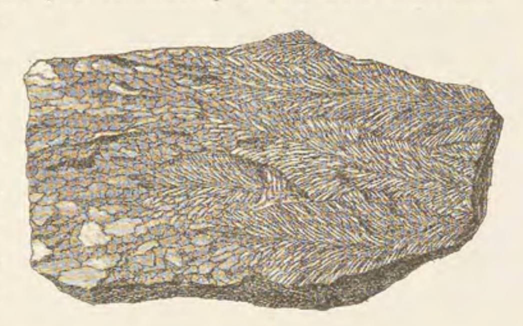


Fig. 5.
Muscovite palmée d'Ax.

On trouvera plus loin l'énumération des minéraux auxquels la muscovite est régulièrement associée quand elle se forme à leurs dépens.

Composition chimique. — *a*) Composition théorique correspondant à la formule (H K) Al Si O^4 avec H : K = 2 : 1 ;

b) Analyse de la *muscovite* de la pegmatite de Ceux près Saint-Etienne (Vosges), par Delesse (*A. M.* XVI. 102. 1849) ;

c et *d*) Analyse de la *muscovite* des micaschistes de la vallée du Diahot (Nouvelle-Calédonie), par M. Liversidge (*R. Soc. N. S. Wales*, XIV. 243. 1880) ;

e) Analyse de la *damourite* de la vallée d'Evel, par Delesse (*A. P. C.* XV. 248. 1845) ;

f) Analyse de la *gümbelite* de la Tarentaise, par Gümbel (Tscherm. *Mittheil. N. F.* II. 190. 1879) : densité = 2,8;

g) Analyse de la *gümbelite* de Petitcœur, par M. Terreil (*C. R.* LIII. 120. 1861) ;

h) Analyse de la *gümbelite* de Petitcœur, par Marignac (*in* Favre *Rech. géol. sur la Savoie* III. 192. 1867).

Les analyses *f. g. h.* ont été faites probablement sur une substance impure, car elles datent d'une époque où les procédés perfectionnés de séparation mécanique n'étaient pas connus : elles ne laissent cependant pas de doute sur la légitimité de la réunion de la *gümbelite* au groupe de la muscovite. (Voir p. 351.)

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*
SiO^2.....	45,2	46,23	50,60	51,23	45,22	49,71	50,00	46,95
TiO^2....	»	»	»	»	»	1,04	»	»
Al^2O^3...	38,5	33,03	25,28	27,35	37,85	28,62	36,45 }	36,24
Fe^2O^3...	»	3,48	»	»	»	2,69	0,37 }	
FeO.....	»	»	3,47	2,60	»	»	»	
MgO....	»	2,10	4,86	3,82	»	1,60	0,45	1,52
K^2O.....	11,8	8,87	6,69	6,93	11,20	6,80	5,01 }	9,39
Na^2O....	»	1,45	2,49	1,27	»	2,21	» }	
CaO.....	»	»	1,04	1,25	»	»	»	
MnO....	»	traces	0,50	0,34	»	»	»	
H^2O....	4,5	4,12	4,31	4,46	5,25	7,38	7,96	5,90
Perte....	»	»	0,76	»	»	»	»	»
	100 »	99,28	100 »	99,25	99,52	100,05	100,24	100 »

Beaucoup de muscovites sont riches en fluor; d'autres renferment une quantité de silice trop grande pour la formule donnée plus haut: c'est notamment le cas des analyses *c. d. g.* M. Tschermak désigne ces micas sous le nom de *phengites*.

Essais pyrognostiques. Voir p. 309.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS.

La muscovite se rencontre dans de multiples gisements comme élément essentiel de roches. Enfin on la trouve très souvent dans les gisements les plus divers comme minéral secondaire formé aux dépens de nombreux minéraux. Je l'étudierai successivement :

1° Dans les roches éruptives comme élément normal;

2° Dans les roches cristallophylliennes et les schistes granulitisés;

3° Dans des filonnets quartzeux en relation avec la lherzolite;

4° Dans des roches sédimentaires métamorphiques et dans les roches éruptives, comme produit dynamométamorphique;

5° Dans des roches diverses, comme produit secondaire formé par pseudomorphe de leurs minéraux constitutifs;

6° Dans les roches clastiques.

1° *Dans les roches éruptives comme élément normal.*

La muscovite est un des éléments caractéristiques de la granulite et de sa variété à grands éléments, la pegmatite. Elle abonde aussi dans certains filons stannifères et dans les filons de quartz en relation

avec les pegmatites qui se rencontrent dans les schistes paléozoïques de beaucoup de régions françaises. Exceptionnellement, elle se forme dans les fissures du granite, comme produit de fumerolles, le plus souvent, du reste, en relation avec des granulites filoniennes (Corrèze). On la trouve aussi à la périphérie des massifs granitiques (Huelgoat) normalement dépourvue de muscovite : elle y a une semblable origine.

La muscovite est donc extrêmement répandue; je ne m'occuperai ici que des gisements remarquables par la grosseur des lames, ou par quelque autre particularité. Cette liste pourrait être allongée presque à l'infini : la plupart des gisements du paragraphe 1° de l'article *tourmaline* (pages 84 à 105) peuvent notamment être cités comme gisements de muscovite.

Normandie. — *Orne*. — La muscovite est abondante en petites lames souvent losangiques dans les granulites des carrières de Pont-Percé en Condé-sur-Sarthe près Alençon. Elle se présente aussi en lames hexagonales dans des géodes, riches en cristaux d'orthose et de quartz enfumé, des mêmes carrières. Ces lames présentent fréquemment les macles par accolement et par superposition, répétées un grand nombre de fois et avec beaucoup de variété.

Manche. — Elle se rencontre dans les pegmatites des environs de Mortain et d'Avranches.

Bretagne. — *Côtes-du-Nord*. — Les pegmatites de Lancieux, de Saint-Michel-de-Plélan, de Saint-Rieul, de la lande de Trelivan, renferment des lames de muscovite atteignant 6^{cm} de diamètre ; à Cassepot près Dinan, M. Dorlodot d'Arment m'a signalé de la muscovite palmée. La fuchsite verte se rencontre dans les filons de quartz de la butte de Brandfer en Plancoet (de Limur, *op. cit.*, 82).

Finistère. — La muscovite en grandes lames se trouve dans les pegmatites graphiques de Pen-an-veur en Loctudy, du sémaphore Gondoul en Plobannabec, de Roscoff, de Saint-Pol-de-Léon, de Kergoulouarn en Plouvorn, etc. Dans les pegmatites de Keranbleis en Plomelin et de Kerhaten en Pluguffan, elle se trouve en lames losangiques intimement associées à de la biotite : tantôt celle-ci a la même forme que la muscovite qui l'englobe, tantôt, au contraire, elle est allongée suivant une arête pg^1 ou $pd^{1/2}$. A Keranbleis, j'ai observé, à côté de muscovite normale ($2E = 70°$ environ), une muscovite identique d'aspect extérieur et cependant sensiblement uniaxe, même en lames

extrêmement minces. La fig. 3 représente une lame de clivage de muscovite provenant des pegmatites de l'E. de Plouguin ; elle montre les traces de plans de glissement suivant $a^{5/2}$ et ζ. Ses bords sont constitués par de la muscovite qui paraît de formation plus récente que la partie pennée : elle est déchiquetée et moule des grains de quartz.

La muscovite palmée est fréquente à Loctudy, à l'île de Siec (Santec), à Roscoff, etc.

Morbihan. — Les granulites de la pointe entre la baie de Kervoyer et Roguédas, près Vannes, sont riches en lamelles hexagonales de muscovite ; les filons de quartz et pegmatite à andalousite de la vallée de l'Evel renferment le même minéral. La fig. 2 représente de grandes lames pennées de muscovite des pegmatites de Saint-Jacut-de-la-Mer atteignant 8^{cm} de plus grande dimension ; des lames de 11^{cm} se trouvent associées à la biotite à Plumélian ; du mica palmé à grands éléments a été trouvé à Meucon.

Les filons stannifères de la Villeder, près Roc-Saint-André, ont fourni, en outre de la muscovite lamellaire engagée dans le quartz, des masses géodiques de muscovite constituées par l'enchevêtrement de lamelles hexagonales d'une muscovite d'un blond pâle, transparente et d'une délicatesse extrême ; les macles y sont fréquentes ; elle est associée à de beaux cristaux de cassitérite, de béryl, d'apatite, etc. Ces lames sont souvent allongées suivant l'arête pg^1 (001)(010). Les échantillons que j'ai étudiés m'ont été communiqués par M. de Limur.

Loire-Inférieure. — Dans les pegmatites des environs de Nantes, Dubuisson, puis M. Baret ont signalé de nombreux gisements de muscovite. On peut citer particulièrement les localités suivantes : Saint-Clair (carrière de la Salle Verte), grands cristaux losangiques souvent maclés avec enchevêtrement de deux individus à la façon des feuillets d'un livre (fig. 6) ; Orvault, superbes lames losangiques, d'un jaune doré, de plusieurs centimètres de diamètre, accompagnant les tourmalines roses, bleues, etc. ; La Trémissinière et Grillaud près Nantes (lames losangiques) ; Couëron, Batz, etc. A Guérande,

Fig. 6.
Macle de muscovite par emboîtement.
Saint-Clair.

on a observé d'énormes masses formées par des lames enchevêtrées atteignant 1^{cm} de diamètre. De la muscovite testacée a été trouvée au Haut-Cormier, près Orvault; du mica palmé à Sautron (carrière à 1 kilomètre du bourg), à Basse-Indre, etc.

Le musée de Nantes possède une lame hexagonale de muscovite d'un jaune verdâtre de Cambon : elle a environ 6^{cm} de diamètre; elle est sensiblement uniaxe. Ce mica provient probablement d'un filon de pegmatite des micaschistes. — La collection du Muséum renferme un échantillon recueilli en 1853 dans le bassin de Saint-Nazaire. C'est une granulite extrêmement riche en lames hexagonales de muscovite, ayant en moyenne 1^{cm} de diamètre : elles englobent un très grand nombre de petites lamelles de biotite de même forme, présentant l'orientation de leur hôte et souvent maclées avec lui suivant la loi des micas. La muscovite présente elle-même de très nombreuses macles par accolement et superpositions. Les plans de séparation suivant ζ (135) et des pyramides de la zone pd sont très distinctes.

Dans les filons à andalousite décrits page 33, on trouve en abondance une *muscovite* en grandes lames présentant des macles par superposition suivant p (001) extrêmement fréquentes.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. — Les pegmatites du Labourd sont riches en muscovite, en particulier à Cambo (tunnel), à Itsatsou, à Louhossoa, à Mendione, à Macaye, au Mont d'Ursoulia. Celles qui traversent les cipolins de Louhossoa et d'Itsatsou renferment, non seulement de la muscovite normale, mais une belle variété chromifère en lames d'un vert émeraude (*fuchsite*) qui ne se trouve pas dans le cipolin lui-même.

Hautes-Pyrénées. — Le massif du Pic du Midi de Bigorre est riche en granulites, en pegmatites et en filonnets de quartz à muscovite. Ces derniers abondent dans les schistes de l'entrée du lac Bleu; j'ai notamment recueilli des lames de muscovite ayant plusieurs centimètres de diamètre au Pas du Bouc : elles sont très plissées et les plans de glissement y sont très fréquents. Au cours d'une excursion faite avec M. Goguel, celui-ci a trouvé, près du col d'Oncet, un filonnet de pegmatite renfermant de gros cristaux de tourmaline d'un bleu foncé[1]

1. Ce gisement est à ajouter à ceux qui ont été indiqués page 90 : les cristaux trouvés par M. Goguel sont de grande taille et parfois basés.

et de larges lames de muscovite dont quelques-unes offrent la macle représentée par la figure 6.

De la muscovite en grandes lames et la variété palmée se trouvent en beaux échantillons dans la pegmatite qui traverse le petit îlot de schistes cristallins de Loucrup, au nord de Bagnères-de-Bigorre, ainsi qu'à Ordizan.

Haute-Garonne. — La muscovite se trouve en grandes lames dans la pegmatite du val de Burbe, au piton de Géry près l'Estagnon de Marignac, près le pont de Chaum, à Beauregard, à Superbagnères, au Mont de Juzet près Luchon, dans les granulites en filons dans les schistes du Mont du Lys près Luchon : les échantillons que j'ai étudiés m'ont été remis par M. Gourdon.

Le mica palmé de Luchon a été trouvé au-dessus des bains par Picot de Lapeyrouse et cité pour la première fois par Dietrich (*Desc. des gîtes des minéraux des Pyrénées*. 307. 1786). On le trouve au Bosquet des Bains (montagne de Superbagnères), à Beauregard et au Portillon de Burbe sur le versant français, etc. Les gisements de Luchon fournissent la plupart des échantillons de mica palmé que l'on trouve dans les collections avec l'indication « Pyrénées ».

Ariège. — La muscovite abonde dans l'Ariège ; elle se trouve soit dans des pegmatites ou granulites, qui sont fréquentes dans les gneiss et dans les micaschistes, soit dans des filons ou amandes de quartz dépourvus généralement de feldspath, mais riches en gros cristaux d'andalousite accompagnés de tourmaline. Ces filons de quartz se rencontrent surtout dans les schistes du précambrien.

Les gisements à citer sont, pour les pegmatites, le massif du pic des Trois-Seigneurs, les alentours de l'étang de Lherz, la montagne de Suc, les environs de Vicdessos ; la zone de schistes cristallins traversant la feuille de Foix (carte d'état-major) de l'O. à l'E. entre la vallée du Salat et l'Ariège (pont de Kercabanac, environs d'Aleu, de Biert, du Calmil, etc.) et sur les bords de l'Ariège : Montoulieu, Arignac, Mercus, Tarascon ; le massif du pic Saint-Barthélemy et en particulier le Mont-Fourcat ; tous les environs d'Ax (sur la route de Prades et à peu de distance de la ville d'Ax se trouve un beau gisement de mica palmé), la haute vallée d'Orlu, la montée du lac Naguille, la haute vallée d'Auzat, etc.

Les granites des environs d'Ax sont très granulitisés et localement chargés de muscovite. A la montée du Fort, au-dessus d'Ax, sur la

route militaire, se trouve un filon de granulite à muscovite presque entièrement transformée en une masse finement grenue de damourite jaune pâle. C'est M. Nentien qui a appelé mon attention sur ce gisement.

D'une façon générale, la muscovite est très abondante dans les filons quartzeux des gisements où a été signalée l'andalousite (page 34); elle y forme fréquemment des lames de plusieurs centimètres de diamètre.

Aude. — Au sud du département de l'Aude il existe plusieurs îlots de schistes cristallins (Viguer, *Etude géol. sur le département de l'Aude.* 228. 1887) riches en filons de pegmatites à grandes lames de muscovite et à cristaux de tourmaline. On les observe notamment à Salvezines, Bessédes, Rodome, Galinargues.

Pyrénées-Orientales. — Les pegmatites de Saint-Martin du Fenouillet, d'Argelès-sur-Mer contiennent en abondance de grandes lames de muscovite remarquablement riches en macles par superposition.

Montagne Noire. — *Tarn.* — Les granulites et pegmatites de la Montagne Noire sont localement riches en muscovite.

Plateau Central. — *Aveyron. Lozère.* — Il en est de même de celles du Rouergue et de la Lozère.

Haute-Loire. — La collection du Muséum renferme un nodule de la grosseur du poing formé par des lames losangiques de muscovite atteignant 2^{cm} et des prismes hexagonaux d'apatite vert clair; cet échantillon provient de Saint-Privat d'Allier (coll. Pascal). Le même minéral se rencontre en très belles lames dans une pegmatite au sud de Brioude entre Blesles et Ardes (P.-de-D.), etc., etc.

Cantal. — Dans les filons de pegmatite des micaschistes des environs de Carlat, des Pendants, on trouve des lames de muscovite atteignant 5^{cm} : on peut citer aussi la pegmatite tourmalinifère du Sal-Bas en Saint-Poncy, les pegmatites et les filons de quartz des environs de Laroquebrou (notamment celles du val de Cère au-dessous de Laroquebrou), les pegmatites à muscovite au sud de Charmensac et des environs de Bonnac, près Sainte-Marie-le-Plain, etc.

Corrèze. — Le granite porphyroïde qui abonde dans la Corrèze présente (particulièrement entre Egletons, Meymac et Bonnefond) des fissures irrégulières tapissées de grandes lames de muscovite, associées parfois à de la biotite, du quartz, des feldspaths. La production de ces

minéraux doit être attribuée à des fumerolles granitiques. La muscovite est fréquente dans la pegmatite de Sainte-Féréole et dans toutes celles de la Corrèze.

Haute-Vienne. — La muscovite abonde dans la granulite de la chaîne de Blond, et on la trouve en très grandes lames dans les pegmatites qui la coupent.

Près d'Ambazac, à la Chèze, cette granulite est traversée par des pegmatites à muscovite, mais aussi par des granulites à lépidolite, dont il sera question plus loin; la muscovite abonde en grandes lames dans les anciennes carrières des Hureaux en Saint-Sylvestre.

A Ambazac, on trouve aussi, dans ces pegmatites, de la damourite en masses translucides d'un jaune verdâtre à cassure finement grenue, dont la structure réelle ne peut guère être décelée qu'au microscope.

Les gisements les plus remarquables de la Haute-Vienne au point de vue minéralogique se trouvent dans la commune de Bessines (Voir à *orthose*), à Chanteloube et à la Vilate. Au-dessous de la carrière de la Vilate, qui a fourni tant de minéraux rares (niobite, tantalite, wolfram, spessartine, triplite, triphylline, et leurs produits d'altération : huréaulite, dufrénite, alluaudite, etc.) et qui occupait encore quelques ouvriers en 1889, se trouve une petite carrière abandonnée dans laquelle la muscovite, soit seule, soit associée à de la biotite, forme des masses énormes dont on peut extraire des lames de plus d'un décimètre de largeur; elles sont rarement planes et généralement plus ou moins tordues et gondolées.

C'est dans les mêmes conditions que se trouve la muscovite testacée formée par des calottes sphériques emboîtées les unes dans les autres et se détachant facilement par clivage (fig. 5) (Les Hureaux, la Vilate, etc.). On rencontre, dans ces gisements, des masses de mica palmé.

Les échantillons de mica jaune citron en masses finement lamelleuses, renfermant de la cassitérite, que j'ai trouvés dans diverses collections sous le nom de lépidolite jaune de Chanteloube, sont constitués par une variété de muscovite.

Creuse. — Les filons stannifères de Montebras en Soumans renferment parfois, comme gangue de la cassitérite et de l'apatite bleue, un mica jaune d'or finement lamelleux, souvent groupé en masses testacées, fibrolamelleuses, et constitué par une variété de muscovite (damourite). Ce mica

se trouve souvent dans les collections sous les noms de talc, gilbertite, etc., de Montebras.

Puy-de-Dôme. — La muscovite est très abondante dans le Puy-de-Dôme. En voici quelques gisements particulièrement intéressants : pegmatite du bois du Peyrou en Ambert, du chemin conduisant à Valcivières (canton d'Arlanc) et particulièrement au voisinage de la Chaise-Dieu (lames losangiques), de la montagne de Pierre-sur-Haute près du pont du Chavarron (commune de Bourg-Lastic), du ravin de la côte granitique de Ceyrat à Theix (Bouillet, *Topogr. minér. du P.-de-D.* 1854. 146); pegmatites de Berzet près de Saint-Genès Champanelle, de Chagourdat près Saint-Amand Tallende. Dans la pegmatite à béryl et tourmaline de Bianchaud au nord de Saint-Pierre-la-Bourlhonne, on trouve des masses de muscovite en lames de 15 à 20^{cm} de diamètre atteignant plus d'un demi-mètre cube; elles sont associées à une variété palmée (Gonnard et Adelphe : *B. S. M.* XVII. 614. 1894). Cette même variété a été observée à Chabrespine (canton de Combronde), etc.

Des lamelles hexagonales de muscovite, accompagnant des cristaux de grenat rouge groseille (a^2) dans les fissures des pegmatites (filons dans le gneiss) de Chassoles en Apchat, m'ont été signalées par M. Gonnard.

Loire. — Dans les pegmatites à cordiérite des bords du Vizezy, près Montbrison, etc.

Rhône. — De grandes lames $p\ m$ atteignant 4^{cm} souvent groupées en gerbes se trouvent dans les pegmatites à tourmaline de Montagny. Drian (*op. cit.*, p. 278) signale la muscovite en grandes lames dans les pegmatites de Charbonnières, du Poteau près l'Arbresle, du Four à Chaux entre le logis du Cerf, Lozanne et Dommartin, des environs de l'Echallas près Givors, de Maltaverne sur la route de Chessy à Lyon, etc.

Saône-et-Loire et Côte-d'Or. — La muscovite se présente en belles lames dans les pegmatites du Morvan. Aux environs d'Autun, on peut citer notamment Marmagne, Saint-Symphorien de Marmagne, Broye, Brion, etc., comme particulièrement riches à ce point de vue; les lames losangiques de grande taille ne sont pas rares, souvent accompagnées par de la biotite. M. Berthier m'a communiqué de beaux échantillons lamelleux et palmés de muscovite provenant d'Ozon près Toulon-sur-Arroux, ainsi qu'un cristal de quartz de la Tagnière qui, à l'une de

ses extrémités, est associé à de la muscovite sous forme de pegmatite graphique. La muscovite palmée existe aussi à Brion.

Vosges. — *Vosges*. — La muscovite en belles lames se trouve dans des filons de pegmatite de Lusse, des Xettes et de la Haie-Griselle, de Gérardmer, de Ranfaing, des Arrentées de Corcieux, de Ceux, près Saint-Étienne, et d'autres gisements de pegmatite (Voir à *orthose*) cités par Delesse.

La muscovite palmée à grands éléments se trouve notamment à Saint-Nabord près Remiremont dans une pegmatite à feldspath rose.

[*Alsace*.] — On la trouve dans des agrégats pegmatoïdes des gneiss des environs d'Urbeis (Champs d'Yvrée, près bas d'Urbeis, Schnarupt, la Hingrie, Rouyer) ; la muscovite y est souvent groupée à axes parallèles avec de la biotite (Cohen, *Abhandl. geol. Specialkarte Elsass-Lothringen*, III. 155. 1889), aux Phaunoux près Sainte-Marie-aux-Mines, etc.

Alpes. — *Massif du Mont Blanc et Haute-Savoie*. — La muscovite se trouve en grandes lames dans une pegmatite à orthose et microcline en bancs intercalés dans les schistes cristallins de la cheminée de Trient. Les blocs de cette roche abondent dans la moraine droite du glacier des Grands (haute vallée de Trient), ainsi que dans la moraine gauche du glacier du Tour, à l'arête des Pissoirs près de l'aiguille du Tour (M. Brun). Elle existe aux Jeurs au-dessus de la Tête-Noire, etc. On trouve aussi ces pegmatites au milieu des schistes de l'arête des Rognes; elle est tourmalinifère (L. Mrazec, *la Protogine du Mont Blanc*. Genève. 1892. 68).

Isère. — On trouve la muscovite dans les pegmatites de Saint-Symphorien d'Ozon et dans les granulites du Dauphiné, en petites lames.

Alpes-Maritimes. — M. Léon Bertrand m'a communiqué de très larges lames de muscovite provenant des pegmatites du quartier du Pilier à Saint-Vallier de Thiey et de celles du Pra près Saint-Etienne-du-Mont (San Stephano). Ces dernières présentent parfois les formes hexagonales et ont jusqu'à 15^{cm} suivant l'arête d'allongement $pa^{5/2}$ (fig. 1).

Maures et **Esterel**. — *Var*. — La muscovite abonde dans les pegmatites traversant les micaschistes de l'Esterel ; la variété palmée m'a été signalée par M. Segond à Saint-Martin, près Le Plan de la Tour.

Corse. — Dans les pegmatites de Pruno près Ajaccio, on trouve la muscovite en grandes lames de 8^{cm} de diamètre.

Algérie. — *Alger*. — De très grandes lames de muscovite se rencontrent dans les pegmatites à tourmaline d'Alger (boulevard Bon-Accueil, Mustapha).

Grand-Bassam. — La collection du Muséum possède des échantillons de muscovite en grandes lames provenant du Grand-Bassam.

Gabon. — L'Exposition des Colonies (1878) renfermait de grandes lames de muscovite du Gabon, sans indication précise de localité.

Madagascar. — De larges lames de muscovite ont été signalées dans le quartz hyalin et dans les pegmatites de Madagascar et de l'île Sainte-Marie, sans indication plus précise. Il semble qu'à Madagascar les roches à biotite soient de beaucoup plus abondantes que les roches à muscovite. De grandes lames de muscovite ont été envoyées de Mayotte à l'Exposition universelle de 1878.

Cochinchine. — La muscovite en grandes lames se trouve dans des pegmatites rapportées de la Cochinchine sans indication de gisement plus précise.

Guyane française. — Dans les schistes cristallins de la Guyane française, les pegmatites sont abondantes et renferment de grandes lames de muscovite.

2° *Dans les schistes cristallins et les schistes granulitisés.*

La muscovite existe en abondance comme élément essentiel des gneiss granulitiques, de beaucoup de micaschistes et de la plupart des schistes, grès, etc., modifiés par action de contact de la granulite. Elle s'y présente sous forme de lamelles de taille très variable, tantôt dépourvues de formes cristallines, tantôt, au contraire, possédant des formes très nettes.

Il me paraît inutile de citer des gisements de ce genre qui seront trouvés en consultant une carte géologique. Je me contenterai de signaler quelques gisements présentant des particularités spéciales.

Bretagne. — *Morbihan*. — La fuchsite d'un vert émeraude se rencontre dans les micaschistes de la côte de Biléry (N.-O. de l'île de

Groix) (de Limur. *op. cit.*, 52; v. Lasaulx. *Verh. naturh. Vereins Bonn.* XL. 269. 1883). La muscovite des schistes à glaucophane est sodique, d'après ce dernier savant, et établit un passage à la paragonite.

Loire-Inférieure. — M. Baret m'a communiqué de jolies lames vert émeraude de fuchsite qu'il a recueillies dans les éclogites de Bouvron.

Le même minéralogiste a récemment trouvé, dans les éclogites de la Gagnerie de Brignan en Bouvron (*B. S. M.* XVIII. 123. 1895), de très belles masses de damourite lamello-compactes d'un vert émeraude clair. Ce minéral épigénise aussi de grands cristaux de disthène dans un filon de quartz qui coupe les mêmes éclogites. La damourite s'implante perpendiculairement à la face h^1 (100) du disthène.

Nouvelle-Calédonie. — La muscovite abonde dans les micaschistes et en particulier dans ceux qui sont associés à la glaucophane dans la vallée du Diahot et aux alentours de la mine de la Balade.

Une fuchsite d'un magnifique vert émeraude se trouve en grandes lames dans une amphibolite de la vallée du Diahot. M. Filhol a rapporté de Kanala un schiste onctueux ayant l'apparence d'une stéatite; il est constitué par un mica cryptocristallin très riche en potasse.

3° *Dans les filons quartzeux au voisinage de la lherzolite.*

Pyrénées. — *Ariège* — J'ai signalé (*B. C. F.* n° 42. 78. 1895) au port de Saleix l'existence de petits filonnets quartzeux traversant les schistes et quartzites liasiques métamorphisés par la lherzolite. Ils renferment du dipyre, de l'actinote et souvent, à leurs salbandes, des lames de muscovite atteignant jusqu'à $1^{cm}5$ de diamètre; elles présentent des macles par pénétration très fréquentes. La formation de la muscovite dans de semblables conditions est des plus remarquables; je ne l'ai observée que dans ce seul gisement.

4° *Dans les roches sédimentaires et dans les roches éruptives transformées par métamorphisme général ou dynamique.*

La muscovite forme un des éléments les plus fréquents des schistes paléozoïques et même de ceux du début de la période secondaire (Alpes) rendus cristallins par le métamorphisme général ou dynamique. Elle s'y présente parfois en grandes lames rappelant celles de la muscovite des schistes cristallins, mais le plus souvent elle constitue de très fines

lamelles parfois microscopiques appartenant à la variété *séricite*. Les schistes à séricite et surtout ceux qui sont à éléments très fins ont souvent le toucher gras des roches talqueuses et beaucoup d'entre eux ont été improprement appelés par les anciens auteurs « talcites, talcschistes, schistes talqueux ».

Ces petites lamelles, orientées dans le sens de la schistosité, présentent le plus souvent l'écartement des axes de la muscovite normale, mais parfois elles ont des axes rapprochés et doivent être rapportées à la damourite. L'examen microchimique est alors nécessaire pour distinguer le minéral du talc (Recherche de l'alumine par le procédé Behrens). Dans le cas d'un écartement d'axes assez grand, il est bon de faire des essais Boricky pour chercher s'il existe des alcalis (diagnostic différentiel de la pyrophyllite) et, dans l'affirmative, pour voir si le mica n'est pas de la paragonite (présence de la soude au lieu de la potasse).

Les schistes à séricite sont extrêmement abondants en France et notamment dans l'Ardenne, la Bretagne, les Pyrénées, le Plateau Central, les Alpes, la Corse, etc.

Il est probable qu'une partie notable, sinon la totalité, de la séricite de ces schistes est due à la décomposition de feldspaths anciens.

Dans toutes les régions énergiquement plissées (Alpes, Pyrénées, etc.) les roches feldspathiques (éruptives ou métamorphiques) ont subi des déformations mécaniques très intenses qui ont souvent donné naissance à une véritable schistosité ; il se développe alors dans ces roches, et en très grande abondance, des traînées de fines lamelles de séricite identiques à celles des véritables schistes à séricite. Cette séricite se montre souvent à l'œil nu dans les joints et les plans de fissilité des roches laminées sous forme d'enduits nacrés.

La séricite se trouve fréquemment aussi entre les feuillets ou dans les fentes des schistes paléozoïques (environs de Nantes), tenant parfois la place de fossiles animaux [graptolites du silurien des Pyrénées, etc.] ou végétaux [nombreuses feuilles ou tiges du houiller de Petitcœur en Tarentaise (Savoie)]. Ces produits, d'un blanc nacré, à toucher souvent onctueux, ont été souvent considérés comme des variétés de kaolinite (pholérite), ceux de Petitcœur ont été assimilés à la *gümbelite* de Kobell. Ce minéral est regardé par tous les auteurs comme une variété de pyrophyllite. Les analyses que j'ai citées page 339 (analyses *f. g. h.*) me paraissent ne laisser aucun doute sur la nature de cette substance : du

reste, l'examen microscopique fait voir que ces paillettes blanches nacrées ne possèdent pas le grand écartement d'axes de la pyrophyllite et se rapprochent, au contraire, de la damourite.

5° *Dans des roches diverses, comme produit secondaire.*

Dans le courant de ce volume, j'ai eu souvent à parler des transformations de divers minéraux en produits micacés qui sont à rapporter à la muscovite ou à l'une de ses variétés, la séricite ou la damourite. Certaines de ces pseudomorphoses micacées ont même reçu des noms spéciaux. Sans répéter ce qui a été dit à divers articles, je rappellerai rapidement les minéraux des gisements français qui, par leur transformation, donnent naissance à des muscovites.

Silicates d'alumine. — La production de la muscovite à leurs dépens implique un apport d'alcalis et de magnésie : *dumortiérite* (p. 18), *andalousite* (p. 30, fig. 10), *disthène* (p. 69, fig. 8), *sillimanite* (p. 52), *topaze* (p. 61). Les pseudomorphoses de ces minéraux ne donnent pas seulement naissance à des micas cryptocristallins; c'est, en effet, aux dépens du disthène, près de Pontivy (*Morbihan*), que se sont produites les larges lames en rosettes que Delesse a décrites pour la première fois sous le nom de *damourite* (*A. P. C.* XV. 248. 1845). Le gisement de Bouvron cité page 350 est dans le même cas. L'altération de l'*andalousite* donne souvent aussi naissance à de grandes lames de muscovite ou de damourite (env. de Nantes, Pyrénées, etc.).

La *staurotide* subit des altérations du même genre que celles des minéraux précédents (p. 5, fig. 2).

Les divers types de *tourmaline* présentent des altérations micacées, mais ces altérations sont surtout abondantes dans les types peu colorés. J'ai parlé (page 83) des pseudomorphoses de la tourmaline rose d'Orvault (*Loire-Inférieure*) en damourite jaune pâle dont les lamelles très petites produisent, par leur réunion, des masses finement grenues translucides : elles y sont très fréquentes.

Le *chloritoïde* de Groix et probablement aussi celui des Ardennes (*ottrélite*) se transforment en un mélange de muscovite et de chlorite.

La *néphéline* et la *sodalite* des syénites néphéliniques se transforment très fréquemment en mica blanc; il y aurait intérêt à rechercher si celui-ci n'est pas sodique : malheureusement, il n'est guère possible de l'isoler à l'état de pureté dans la roche de Pouzac (*Hautes-Pyrénées*).

La *cordiérite* se rencontre dans les gisements français, bien plus souvent sous forme de pseudomorphoses micacées qu'à l'état intact. Dans certains gisements (microgranulites et porphyres), celles-ci sont toujours absolument complètes. Ces pseudomorphoses sont parfois, crpytocristallines (*pinite*), alors que, dans d'autres cas, la muscovite, associée à de la biotite et à des chlorites, se présente en grandes lames clivables suivant la base de la cordiérite (*gigantolite*). Elles seront longuement décrites plus loin.

Tous les *feldspaths* et plus particulièrement les types acides (*orthose*, *microcline*, *albite*) se transforment fréquemment en mica. Le résultat ultime de cette transformation est une substance (*pinitoïde*) d'un jaune plus ou moins foncé à éclat cireux, souvent translucide, dont la structure finement lamelleuse n'est visible qu'au microscope. Dans les pegmatites de la Chèze près Ambazac (*H^te-Vienne*), on trouve de gros blocs translucides très purs de cette damourite secondaire. La composition chimique des micas blancs secondaires formés aux dépens des feldspaths calcosodiques demanderait de nouvelles études ; ils pourraient bien être constitués par de la paragonite.

Les transformations micacées de *wernérite* rappellent celles des feldspaths.

6° *Dans les roches sédimentaires comme élément détritique.*

Toutes les roches sédimentaires produites par la destruction des roches renfermant normalement de la muscovite contiennent ce dernier minéral qui peut même parfois devenir assez abondant pour former de véritables roches micacées. A ce point de vue, on peut citer, dans les environs de Paris, comme particulièrement intéressants, certains niveaux des sables de Fontainebleau (*oligocène*) et notamment ceux de Feucherolles, de la butte de Picardie près Versailles, de Saint-Martin-du-Tertre (*Seine-et-Oise*), dans lesquels les sables renferment une quantité considérable de paillettes de muscovite associées à fort peu de biotite généralement altérée.

PARAGONITE

(H Na) Al Si O^4

Formes et faciès. — La paragonite ne se trouve qu'en fines écailles à contours irréguliers dont la réunion donne naissance à des masses

schisteuses ou compactes ; leur nature cristalline n'est souvent appréciable que grâce à l'examen microscopique.

Clivages. — Clivage *p* (001) micacé.

Dureté. — 2,5 à 3.

Densité. — 2,78 à 2,9 ; 3,075 (cossaïte de Bousson, M. Piolti).

Coloration et éclat. — Blanche, blanc grisâtre ou verdâtre, jaune. Éclat nacré. Transparente en lames minces.

Propriétés optiques. — Bissectrice aiguë négative (n_p) plus ou moins normale au clivage facile.

2 E = 70° environ.

Composition chimique. — *a*) Composition correspondant à la formule (H Na) Al Si O^4, avec H : K = 2 : 1;

b) Analyse de la paragonite de Changé, par M. Jannettaz (*B. S. G.* X. 396. 1880-81);

c) Analyse de la paragonite (cossaïte) de Bousson, par M. Piolti (*Accad. Torino* XXIII. 187. 1888).

	a	*b*	*c*
SiO^2	47,1	47,2	46,50
Al^2O^3	40,1	37,7	40,68
Fe^2O^3	»	»	2,68
MgO	»	»	»
CaO.......	»	»	»
Na^2O.	8,1	6,4	4,75
K^2O.......	»	3,6	1,33
Li^2O	»	»	traces
H^2O.......	4,7	5,2	4,57
	100,0	100,1	100,51

Essais pyrognostiques. — Voir page 309.

Diagnostic. — Le diagnostic différentiel de la muscovite réside dans la prédominance de la soude sur la potasse.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La paragonite est un minéral de la série des schistes cristallins. On la trouve aussi dans les schistes paléozoïques métamorphiques.

Il est possible que beaucoup de micas blancs microscopiques d'origine secondaire, formés aux dépens de minéraux sodiques (néphéline,

feldspaths tricliniques) et considérés comme séricite appartiennent à la paragonite : les propriétés optiques seules ne permettent pas la distinction de ces deux espèces.

On a vu plus haut que la muscovite des schistes à glaucophane de l'île de Groix et de la Nouvelle-Calédonie est sodique : elle établit le passage de la muscovite à la paragonite.

Bretagne. — *Mayenne.* — M. Jannettaz a étudié une substance blanche fibroschisteuse à éclat cireux provenant de Changé près Laval et désignée autrefois par Blavier sous le nom de *stéatite quartzeuse*. Il l'a d'abord considérée comme une variété de pinite (*B. S. M.* III. 82. 1880); dans un travail plus récent, le même savant a donné l'analyse (*b*) faite sur une matière purifiée qu'il a assimilée à la paragonite (*B. S. G.* X. 396. 1880-81).

Le minéral qui nous occupe ici forme parfois de petits lits où il est presque pur; le plus souvent il constitue une portion importante de roches schisteuses qui ont été appelées parfois *blaviérite* et qui sont des arkoses de microgranulite ou des microgranulites déformées par dynamométamorphisme.

Alpes. — La paragonite n'a pas été jusqu'à présent signalée dans les Alpes françaises, bien que son existence dans les schistes lustrés paraisse probable. Ce minéral a été, en effet, trouvé dans ceux du versant italien au sud du mont Cenis, près de Bousson (district de Suse). Il s'y trouve au milieu de calcschistes sous forme d'un minéral compact vert pomme dont la structure cristalline apparaît au microscope. L'analyse de M. Piolti (*Accad. Torino* XXIII. 187. 1888) a été donnée en (*c*). La composition et les propriétés pyrognostiques de ce minéral sont très voisines de celles de la variété des environs d'Yvrée désignée sous le nom de *cossaïte*.

LÉPIDOLITE

$(K\,Li)\,Al^2\,Si^3\,O^9\,(OH,\,F)^2$

Monoclinique : forme voisine de celle de la muscovite.

Formes observées. — Lamelles hexagonales ou losangiques.

Macles. — Macles des micas avec pénétration ; une même lame est souvent divisée en plusieurs secteurs à contours non rectilignes.

Faciès des cristaux. — Dans les gisements dont j'ai à m'occuper ici, la lépidolite forme des lamelles enchevêtrées ayant parfois plusieurs millimètres de diamètre, mais ne présentant que rarement des contours géométriques distincts. Souvent aussi, la lépidolite forme des masses cristallines presque compactes, constituées par de très petites paillettes.

Clivages. — Clivage p (001) parfait.

Dureté. — 2,5.

Densité. — 2,8 à 2,9 ; 2,806 lép. de La Chèze.

Coloration et éclat. — Rose, rouge, violacée, lilas, jaune, grise, ou incolore. La coloration rose est due à des traces de manganèse.

Éclat nacré ; les lames de clivage sont transparentes.

Propriétés optiques. — Plan des axes optiques perpendiculaire à g^1 (010), rarement parallèle à cette face (M. Scharizer). Bissectrice aiguë *négative* (n_p) presque perpendiculaire à p (001). [Elle fait avec la normale à p un angle de 1° 47′ (rouge) dans la lépidolite de Schüttenhofen (Scharizer)].

$$2E = 57° \text{ à } 83° \text{ environ.}$$

Pléochroïsme. — La lépidolite est incolore en lames minces. En lames épaisses, le pléochroïsme est net. J'ai observé pour le minéral d'Ambazac :

$\mathbf{n}_g$ = rose pâle ;
$\mathbf{n}_m$ = rose pâle ;
$\mathbf{n}_p$ = incolore.

Composition chimique. — *a*) Composition moyenne de la lépidolite d'après M. Tschermak (*Lehrb. der Min.* 514. 1894) : une partie du fluor est remplacée par de l'hydroxyle ;

b) Analyse de la lépidolite d'Échassières faite à l'École des Mines, *in* de Launay (*B. S. G.* XVI. 1067. 1888). Le minéral était, sans doute, impur.

	a	*b*
SiO^2	50,2	59,30
Al^2O^3	28,5	27,00
Fe^2O^3	»	0,20
CaO	»	0,35
MgO	»	2,60
K^2O	10,9	1,64
Na^2O	»	3,30
Li^2O	4,2	2,66
Fl	10,4	traces
H^2O	»	2,00
	104,2	99,05

Essais pyrognostiques. — Voir page 309.

Diagnostic. — La facile fusibilité et la réaction de la lithine constituent un excellent diagnostic de la lépidolite. La couleur des variétés roses est aussi un caractère à considérer.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La lépidolite se rencontre exclusivement dans les granulites et particulièrement dans celles qui sont stannifères.

Plateau Central. — *Creuse.* — J'ai observé de larges lames blanches ou rosées de lépidolite associées à la *morinite* des mines de cassitérite de Montebras en Soumans.

Haute-Vienne. — La lépidolite forme des masses finement écailleuses roses (semblables à celles de Rozena) dans les pegmatites de Chanteloube en Bessines. Elle y a été trouvée par Lelièvre et a été signalée par Alluaud en 1812 (*J. M.* XXXI. 72).

La lépidolite se présente en fort beaux échantillons dans la granulite à cassitérite qui a été exploitée dans des carrières situées sur le bord de la route à la Chèze, près Ambazac. Elle y forme des lames roses ayant 4 ou 5^{mm} de diamètre (exceptionnellement 1^{cm} dans un fragment que m'a communiqué M. de Mauroi). Ce mica est souvent assez abondant pour constituer presque exclusivement de beaux échantillons de collection de la grosseur du poing. J'ai décrit cette roche, p. 62, à l'occasion de la topaze qu'elle renferme. On trouve aussi, dans le même gisement, ainsi qu'à Chanteloube, des masses finement écailleuses du même minéral.

La collection du Muséum renferme, sous le nom de lépidolite jaune de Chanteloube, des échantillons formés par des paillettes jaune d'or associées à la cassitérite et ressemblant, au point de vue de la structure, à la lépidolite rose du même gisement : j'ai pu constater que ce minéral est en réalité constitué par de la muscovite.

Allier. — La lépidolite d'un blanc verdâtre forme des nids dans la granulite kaolinisée d'Échassières, traversée par des filons de quartz stannifère (analyse *b*).

ANNEXE AU GROUPE DES MICAS

CHROMOCRE

Monoclinique (par analogie avec les micas).

Faciès. — Le chromocre se présente sous la forme de masses à aspect terreux, parfois grenues, imprégnant le plus souvent des roches quartzeuses ou même du quartz cristallisé. Sa structure cristalline ne peut être décelée qu'au microscope. Aux faibles grossissements, le minéral se présente sous forme de globules, rappelant ceux de glauconie. Avec de plus forts grossissements, on constate que ces globules sont des sphérolites formés par de petites écailles groupées autour d'un centre. Plus rarement, il existe des lamelles de plus grande taille distribuées sans ordre, dans lesquelles les propriétés optiques peuvent être étudiées sans trop de difficultés.

Clivages. — Clivage p (001) micacé.

Dureté. — Très tendre, se coupe au couteau en sortant du gisement. Durcit après exposition à l'air.

Densité. — Les densités de 2,5067, 2,571, 2,612 données par Leschevin ont été prises sur la matière impure dont l'analyse est donnée plus loin. Le nombre 2,47 a été obtenu sur un petit grain d'apparence homogène.

Coloration et éclat. — Vert pomme, vert foncé. Aspect terreux et terne. Transparent en lames minces.

Propriétés optiques. — La bissectrice aiguë *négative* (n_p) est plus ou moins perpendiculaire au clivage facile. Les axes sont presque réunis. L'extinction des sections perpendiculaires au clivage paraît être parallèle à la trace de clivage ; il est donc possible que le minéral soit orthorhombique.

Pléochroïsme. — Le pléochroïsme est faible, variable avec la teinte plus ou moins verte du minéral.

$\mathbf{n_g}$ et $\mathbf{n_m}$ = vert vif;
$\mathbf{n_p}$ = vert jaunâtre à incolore.

Composition chimique. — Je donne comme documents les analyses publiées par Leschevin (*J. P.* LXX. 372. 1810) et exécutées par Drappiez (*a* et *b*) et par Collet Descotils (*c*) ; elles ont été faites certainement, non sur le chromocre isolé, mais sur la roche qui le renferme.

	a	*b*	*c*
SiO^2.....	64	52	84
Al^2O^3...	23	27	4,5
Cr^2O^3...	10,5	13	2,5
Fe^2O^3...	»	2	1
CaO.....	2,5	4,5	»
MgO....		»	»
H^2O.....	»	1,5	3,5
	100,0	100,0	95,5
Densité	2,571	2,612	2,5077

Ces analyses sont évidemment inexactes : des essais microchimiques que j'ai faits sur la substance purifiée montrent que le minéral est riche en alumine, en chrome, en magnésie et en potasse. Il ne se modifie pas au rouge naissant : il constitue probablement une variété cryptocristalline très chromifère de muscovite.

Essais pyrognostiques. — Donne avec le borax la réaction du chrome. Dans le tube, ne donne pas d'eau au rouge sombre. Insoluble dans les acides.

Diagnostic. — Le chromocre à aspect terreux présente une grande analogie avec la glauconie, dont il se distingue notamment par sa couleur d'un vert plus vif, ses réactions au chalumeau (chrome) et parfois aussi par la nature de la roche qui le renferme le plus habituellement (arkoses et filons quartzeux).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* — M. Baret m'a remis, sous le nom de chromocre, des enduits d'un vert de chrome foncé, colorant et imprégnant des calcaires quartzeux paléozoïques de Vieillevigne. L'examen microscopique montre que cette substance verte est formée par de petites lamelles micacées possédant les propriétés du chromocre des Écouchets, mais ne formant pas d'agrégats cryptocristallins.

Morvan. — *Saône-et-Loire.* — Le chromocre a été découvert et décrit par Leschevin (*J. P.* LXX. 372. 1810). Il se trouve dans la mon-

tagne des Écouchets près du Creusot, soit en petits lits de quelques millimètres au milieu des arkoses triasiques (sommet de la pente sud de la montagne), soit dans des poudingues à plus gros éléments (pente est). Enfin, il colore en vert, d'une façon plus ou moins régulière, des filons quartzeux (renfermant des géodes) qui traversent les mêmes arkoses. Le chromocre se présente généralement sous forme de globules à structure cryptocristalline, très rarement sous celle de petites lamelles micacées.

DAVREUXITE

Sous le nom de *davreuxite*, M. de Koninck a décrit (*Bull. Acad. Belg.* XLVI. 240. 1878) un minéral en petites écailles fibrolamelleuses d'un blanc un peu rosé avec éclat nacré, qui a été trouvé dans une veine de quartz traversant les schistes salmiens d'Ottré [*Ardenne belge*].

Un échantillon que j'ai examiné (*B. S. M.* IX. 5. 1886) m'a donné des propriétés optiques identiques à celles de la muscovite.

La composition chimique est la suivante :

SiO^2.....	55,94
Al^2O^3...	33,53
MnO....	5,25
MgO....	1,10
H^2O.....	4,19
	100,07

d'où il faudrait déduire, d'après M. de Koninck, 16,63 de silice mélangée au minéral sous forme de quartz.

GROUPE DES CLINTONITES

Les minéraux de ce groupe sont voisins des micas ; ils possèdent les formes de ceux-ci, leur clivage facile, leurs propriétés optiques ; les lames de clivage sont fragiles (d'où le nom de « micas fragiles », Spröd-

glimmer, qu'on leur donne parfois); ils sont plus basiques que les micas. Au point de vue chimique, ils établissent une transition entre les micas (par l'intermédiaire de la margarite) et les chlorites (par l'intermédiaire des chloritoïdes).

M. Tschermak, qui a fait une étude approfondie de ce groupe de minéraux, y a établi les divisions suivantes (*Sitzungsb. d. Akad. Wien*, LXXVIII. 555. 1879);

Margarite

Clintonites { *xanthophyllite*, *brandisite*, *seybertite* }

Chloritoïdes

La margarite ($H^2 Ca Al^4 Si^2 O^{12}$) est souvent rattachée aux micas. D'après M. Tschermak, les clintonites proprement dites seraient très voisines les unes des autres et leur constitution pourrait s'interpréter par la formule générale :

$$m (H^2 Ca Mg^4 Si^2 O^{12}) + n (H^2 Ca Mg Al^6 O^{12}),$$

dont les deux termes seraient isomorphes.

La composition chimique des chloritoïdes est moins bien connue et celle de quelques-uns seulement peut être rapportée à la formule $H^2 Fe^4 Al^2 Si O^4$.

Pour la discussion de ce sujet, voir aussi le mémoire de M. Clarke (*Amer. J. of Sc.* XXXVIII. 392. 1889).

Parmi tous ces minéraux, la brandisite et le chloritoïde ont été seuls trouvés en France.

BRANDISITE

$H^{14} Ca^7 Mg^{16} Al^{24} Si^9 O^{84}$

Paramètres très sensiblement les mêmes que ceux de la biotite.

Formes observées. — p (001), g^1 (010), e^2 (012), $e^{2/5}$ (052), $e^{1/9}$ (091), d^1 (112), $b^{7/6}$ ($\bar{3}37$), $b^{7/12}$ ($\bar{6}67$), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$).

Macles. — Macles suivant la loi des micas. L'étude optique montre

que les individus constituant ces macles sont eux-mêmes le résultat de groupements complexes.

	Angles calculés	Angles obs. (Tsch.)		Angles calculés	Angles obs. (Tsch.)
$p\,e^2$	121°25′	121°30′	$p\,d^1$	106°58′	107° env.
$p\,e^{2/5}$	96°58′	96°51′	$p\,b^{7/6}$	109°37′	109°52′
$p\,e^{1/9}$	91°57′	92° env.	$p\,b^{7/12}$	100° 6′	99°19′
$p\,g^1$	90°	90° env.	$p\,b^{1/4}$	94°22′	94°18′

Les angles calculés ci-dessus sont ceux de la biotite ; on voit qu'ils concordent avec les angles mesurés par M. Tschermak sur la brandisite.

Faciès des cristaux. — La brandisite forme des cristaux à contours hexagonaux très aplatis suivant la base, toujours maclés et présentant par suite sur leur pourtour une série d'angles rentrants et saillants plusieurs fois répétés (fig. 1 et 2, d'après M. Tschermak).

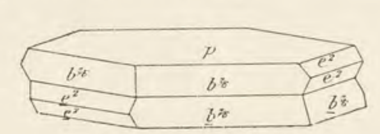


Fig. 1.
Figure théorique représentant la macle de la brandisite.

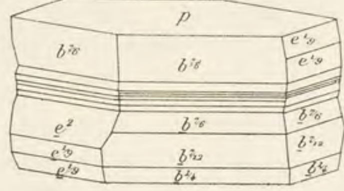


Fig. 2.
Macle complexe de brandisite.

Clivages. — Clivage *p* (001) parfait, donnant des lames fragiles. Figures de choc et de percussion analogues à celles des micas, mais dont les positions respectives sont renversées. C'est ainsi que les *figures de pression* sont parallèles et les *figures de choc* perpendiculaires aux faces limitant les lames hexagonales.

Dureté. — 5 sur *p* (001), dépassant 6 sur les autres faces.

Densité. — 3,0 à 3,1.

Coloration et éclat. — Vert poireau à vert noir. Éclat vitreux. Transparent en lames minces.

Propriétés optiques. — Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010)[1]. Bissectrice aiguë négative sensiblement perpendiculaire à *p* (001).

2 E = 18° à 35° (Tschermak).

Pléochroïsme. — La brandisite est incolore en lames minces ; dans

1. Dans la *seybertite* (clintonite), le plan des axes est perpendiculaire à g^1 (010).

les lames épaisses, elle possède un pléochroïsme analogue (comme direction du maximum) à celui des chlorites.

Composition chimique. — En admettant l'hypothèse de M. Tschermak d'après laquelle la brandisite serait un mélange de $3(H^2\,Ca\,Mg^4\,Si^3\,O^{12}) + 4(H^2\,Ca\,Mg\,Al^6\,O^{12})$, la composition est la suivante :

SiO^2......	18,40
Al^2O^3.....	42,13
MgO......	21,81
CaO......	13,36
H^2O......	4,30
	100,00

une petite quantité de $Al^2\,O^3$ étant remplacée par $Fe^2\,O^3$.

Essais pyrognostiques. — Au chalumeau, blanchit sans fondre. Donne de l'eau dans le tube. Réduite en poudre fine, est décomposée par l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. — Indépendamment de la composition chimique quantitative, la fragilité des lames de clivage, la position des figures de pression et de choc, l'infusibilité au chalumeau font aisément distinguer la brandisite à la fois de la biotite verte et des chlorites. La biréfringence plus faible est aussi un caractère différentiel de la biotite.

Le signe négatif de la bissectrice et le faible écartement des axes optiques ne permettent pas de confondre la brandisite et le chloritoïde ; ce dernier minéral, du reste, ne présente pas les formes nettes fréquentes dans la brandisite géodique. De plus, l'intensité du pléochroïsme et la forte densité sont très caractéristiques du chloritoïde.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Alpes. — *Massif du mont Blanc* (*Haute-Savoie*). — Le seul gisement connu de brandisite a été pendant longtemps constitué par les roches de contact de la région de Monzoni dans le Tyrol. M. Tschermak a décrit deux échantillons donnés comme biotite dans une collection et indiqués comme provenant, l'un de la vallée de Chamonix, l'autre de Voisette (?) (Savoie). D'après les renseignements que je dois à ce savant, ces échantillons ne présentent aucune gangue permettant de se rendre compte de la nature de leur gisement. Si les indications de provenance sont exactes, il est probable que ce minéral a été trouvé dans les fentes du granite (protogine) ou de schistes cristallins.

CHLORITOÏDE

Les minéraux réunis sous ce nom possèdent tous les mêmes propriétés optiques, ou tout ou moins des propriétés optiques voisines. Leur composition chimique exprimée par les analyses données jusqu'ici paraît différente. Les variétés à grandes lames (*chloritoïde* de l'île de Groix, de l'Oural, *sismondine* de Saint-Marcel) se rapprochent de la formule H^2 Fe Al^2 Si O^7, tandis que les variétés en cristaux plus petits (*ottrélite*, *venasquite*) sont beaucoup plus riches en silice (42 à 44 % environ, au lieu de 23,8 exigés par la formule donnée plus haut); quelques-unes d'entre elles sont en outre riches en manganèse (*ottrélite*).

L'exemple des micas, dans lesquels de grandes variations de composition chimique modifient peu les propriétés optiques, pourrait conduire à penser que l'ottrélite est une espèce distincte du chloritoïde. Cependant l'examen microscopique fait voir que les ottrélites et les venasquites, relativement très siliceuses, sont en même temps extrêmement riches en inclusions de quartz. Quelques-uns de leurs cristaux, qui, à l'œil nu, paraissent homogènes, se montrent au microscope constitués par de véritables écumoires, criblées de grains de quartz. Il paraît difficile de purifier complètement une semblable matière, dont l'histoire, à ce point de vue, rappelle celle de la staurotide (page 10, fig. 8).

La présence d'une quantité variable de manganèse remplaçant dans l'ottrélite une proportion équivalente de fer n'étant pas suffisante pour nécessiter la séparation de l'ottrélite et du chloritoïde, je réunis dans le même paragraphe ces deux substances, en attendant qu'une nouvelle étude chimique vienne trancher cette question. J'emploierai toutefois le mot d'*ottrélite* pour désigner les variétés manganésifères en petites paillettes.

Triclinique ou monoclinique (pseudohexagonal, pseudorhombique).

$$\begin{bmatrix} mt = 120° \text{ env.} \\ mg^1 = 122° \text{ env.} \\ tg^1 = 118° \text{ env.} \end{bmatrix}$$

Formes observées. — La forme des lamelles de chloritoïde peut être comparée à celle des micas; elles sont aplaties suivant p (001), losangiques avec des angles voisins de 60° et de 120°, ou hexagonales.

Macles. — Les macles sont presque constantes, analogues à celles des micas; le type par superpositions plusieurs fois répétées suivant p (001) est souvent combiné au type par accolement suivant une face de la zone prismatique ou par interpénétrations irrégulières. Ces macles sont généralement polysynthétiques : les sections perpendiculaires à la base présentent alors, entre les nicols croisés, des bandes très analogues à celles des feldspaths tricliniques. Rarement ces macles sont seulement binaires (Seviscourt).

Faciès des cristaux. — Le *chloritoïde* forme parfois des masses lamellaires, constituées par des cristaux empilés, ayant plusieurs centimètres de plus grande dimension. Ils ont généralement des formes peu distinctes. Leur clivage basique donne de larges surfaces le plus souvent courbes (île de Groix) ; fréquemment (*venasquite*), les lames sont de plus petite taille, très courbes, et constituent, par leur réunion avec du quartz et de la séricite, des masses irrégulières peu ou pas schisteuses. L'*ottrélite*, au contraire, forme des lamelles à contours fort nets, hexagonaux ou losangiques, dépassant rarement 1^{mm} ; elles sont distribuées dans des schistes à grains fins. Elles se groupent souvent en rosettes.

Clivages. — Clivage basique moins facile que dans les micas ; il est augmenté par l'existence de macles. Clivages difficiles suivant m $(1\bar{1}0)$, t (110), presque perpendiculaires à p (001) et faisant entre eux un angle voisin de 120°. Clivage g^1 (010) difficile ; M. des Cloizeaux a constaté que ce clivage partage en deux parties inégales (62° et 58° à 58°20′ environ) l'angle obtus des clivages prismatiques .

Dureté. — 6,5. Les lames de clivage sont fragiles.

Densité. — 3,52 à 3,57 (chloritoïde), 3,266 (ottrélite), 3,26 (venasquite, M. Damour).

Coloration et éclat. — Vert noir, vert gris. Poussière blanche ou gris verdâtre.

Éclat vitreux, un peu nacré sur les surfaces de clivage.

Inclusions. — Le chloritoïde est généralement très riche en inclusions. Ses cristaux présentent souvent la même structure que le cristal de staurotide figuré page 10 (fig. 8). Ils sont criblés de grains de quartz; on y observe aussi des inclusions de magnétite, d'ilménite, de rutile, de tourmaline et, dans les chloritoïdes des schistes paléozoïques (ottrélite), de la matière charbonneuse, qui est tantôt régulière-

ment distribuée, tantôt non orientée. Souvent elle s'accumule au centre du cristal, dont les bords seuls sont transparents en lames minces.

Propriétés optiques. — Plan des axes optiques parallèle ou presque parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë positive (n_g) faisant avec l'axe vertical un angle de 3° environ (sismondine de Saint-Marcel) à 12° ou 18°, mais atteignant exceptionnellement 28° (Seviscourt, lame non maclée). Cette obliquité offre son maximum dans les ottrélites en petites lames.

M. des Cloizeaux a trouvé que, dans le clivage p (001), l'extinction se fait à 1° ou 1°30′ de l'axe a, en se rapprochant de l'arête pt (*B. S. M.* VII. 80. 1884).

$\mathbf{n}_m = 1{,}741$ (Rosenbusch. Val Chisone, lumière du gaz).

L'angle des axes varie de 120° (rouge) à 65° suivant les localités.

M. des Cloizeaux a donné pour la sismondine du Val de Chisone :

$2\,\mathbf{E} = 101°26'$ (verre rouge), $91°22'$ (verre vert) ;
$= 65°$ à $70°$: île de Groix (v. Lasaulx).

M. Barrois a indiqué $2\,V = 45°$ à $55°$ pour le minéral de l'île de Groix. La dispersion est très forte avec $\rho > \upsilon$ et dispersion horizontale notable dans les chloritoïdes en grandes lames (île de Groix) ; la dispersion est moins grande dans les chloritoïdes et ottrélites des autres gisements étudiés plus loin.

$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0{,}010$ environ.

Pléochroïsme. — Le pléochroïsme est très caractéristique. Il varie en intensité avec la coloration des échantillons des diverses localités. Le chloritoïde de l'île de Groix est le plus pléochroïque, l'ottrélite des environs de Monthermé le moins pléochroïque des chloritoïdes que j'ai eu l'occasion d'examiner. On observe suivant :

$\mathbf{n}_g =$ jaune verdâtre ;
$\mathbf{n}_m =$ bleu indigo ;
$\mathbf{n}_p =$ vert olive.

Composition chimique. — J'ai dit plus haut que la composition chimique des chloritoïdes n'est pas établie avec certitude. Les variétés en grandes lames, qui sont souvent pauvres en inclusions, se rappro-

chent de la formule H^2 Fe Al^2 Si O^7 avec une partie du fer remplacée par Mg. Les variétés à petites lames (*ottrélite*, *venasquite*) offrent une teneur en silice plus élevée ; leur composition se rapproche de la formule H^2 Fe Al Si^2 O^9 (*ottrélite*), avec une partie du fer remplacée par du manganèse, ou de H^2 Fe Al^2 Si^3 O^{11} (*venasquite*).

a) Composition correspondant à la formule H^2 Fe Al^2 Si O^7 ;

b) Composition correspondant à la formule H^2 Fe Al^2 Si^2 O^9 (*ottrélite*) ;

c) Composition correspondant à la formule H^2 Fe Al^2 Si^3 O^{11} (*venasquite*) ;

Analyses : *d*) du chloritoïde de Grippe (île de Groix) par Renard (*in* Barrois, *B. S. M.* VII. 42. 1882) ;

e) de l'ottrélite (salmite) de Viel-Salm (après déduct. de 15,06 °/₀ de quartz) par M. de Koninck (*in* Prost, *Ann. soc. géol. Belg.* XI. 93. 1883) ;

f et *g*) de l'ottrélite d'Ottré par M. Damour (*A. M.* II. 357. 1842) ;

h) de l'ottrélite d'Ottré par M. Klement (*Z. K.* VIII. 420. 1883) ;

i) de l'ottrélite de Serpont par M. Klement (*Id.*) ;

j) de l'ottrélite de Lierneux par M. Renard (*Id.*) ;

k) de la venasquite de Venasque par M. Damour (*B. S. M.* II. 167. 1879).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	*j*	*k*
SiO^2	23,8	38,5	48,4	24,90	22,52	43,52	43,34	42,48	41,65	40,55	44,79
Al_2O^3	40,5	32,7	27,4	40,36	39,60	23,89	24,63	29,29	29,47	30,80	29,71
Fe^2O^3	»	»	»	»	3,97	»	»	3,30	4,02	3,82	»
FeO	28,5	23,0	19,3	26,17	15,35	16,81	16,72	12,11	17,87	12,46	20,75
MnO	»	»	»	»	8,40	8,03	8,18	6,10	0,93	6,51	»
MgO	»	»	»	2,54	2,10	»	»	2,05	1,57	0,45	0,62
CaO	»	»	»	»	0.35	»	»	»	»	1,29	»
CoO	»	»	»	»	0,05	»	»	»	»	»	»
H^2O	7.2	5,8	4,9	6,23	7,44	5,63	5,66	5,07	5,84	4,12	4,93
	100,0	100,0	100,0	100,20	99,78	97,88	98,53	100,40	101,35	100,00	100,80

Essais pyrognostiques. — Dans le tube, donne de l'eau. Au chalumeau, à peine fusible sur les bords en une masse noire magnétique. Décomposé par l'acide sulfurique. L'ottrélite est attaquée par l'acide chlorhydrique.

Altérations. — Les grands cristaux de chloritoïde de l'île de Groix sont souvent entourés d'une bordure fibreuse ou lamellaire constituée par de la muscovite et de la pennine qui sont nettement d'origine secondaire et formées à leurs dépens. L'ottrélite de l'Ardenne paraît présenter des pseudomorphoses du même genre.

Diagnostic. — Les propriétés optiques, la coloration et le pléochroïsme sont très caractéristiques des chloritoïdes : ils se distinguent notamment des chlorites par leur indice de réfraction plus élevé, l'écartement de leurs axes optiques et leur dispersion plus grande.

Le défaut d'élasticité de leurs lames de clivage ainsi que leur densité élevée permettent aussi facilement d'établir le diagnostic différentiel de ces deux groupes de minéraux. Voir page 363 pour le diagnostic différentiel de la brandisite.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Les chloritoïdes se rencontrent dans les schistes de la partie supérieure de la série des schistes cristallins et dans des schistes paléozoïques. Ils sont au nombre des minéraux dont l'étude microscopique a montré la grande abondance dans certaines régions.

1° *Dans les micaschistes.*

Dans les micaschistes, le chloritoïde forme souvent de grandes lames de plusieurs centimètres de diamètre; il y est fréquemment associé à des roches à glaucophane.

Bretagne. — *Morbihan.* — Le chloritoïde abonde dans des schistes cristallins constituant un faisceau long de près de 80^{km} sur 4^{km} de large que M. Barrois a suivi de l'île de Groix à l'embouchure de la Vilaine; ces schistes forment presque entièrement la presqu'île de Rhuis (*B. S. M.* VII. 37. 1884). Le chloritoïde y présente des lamelles gondolées à diamètre variant de 1^{mm} à 1^{cm}, les dimensions des lames d'une même couche variant fort peu. Quelques-uns de ces schistes ressemblent beaucoup aux schistes à ottrélite de l'Ardenne. Les gisements à citer sont les falaises de Saint-Gildas de Rhuis, les roches de Penvins et la côte de Damgan.

A l'île de Groix, le chloritoïde abonde aussi dans une roche très riche en épidote qui alterne (anse de Pourmelin) avec les amphibolites à glaucophane ou dans une ripidolite écailleuse associée à du quartz. Ce gisement est le plus remarquable de ceux que j'ai à citer : il y a été découvert par M. de Limur (*op. cit.*, 91; voir aussi von Lasaulx, *Niederrh. Gesell. Bonn.* XI. 270. 1883 et Barrois *B. S. M.* VII. 37. 1884). Dans ces gisements, le chloritoïde se présente souvent en lames

atteignant 4cm de diamètre groupées ensemble pour former des masses dépassant un décimètre de plus grande dimension. La forme hexagonale des lames est très nette quand celles-ci sont moulées par le quartz. Je dois à l'amitié de M. de Limur les échantillons que j'ai étudiés.

Maures. — *Var*. — Le chloritoïde a été rencontré dans un espace très limité au Fenouillet près Hyères, dans des schistes à séricite ; il y est parfois très abondant, constituant à lui seul la presque totalité de la roche. Ce minéral est d'un gris vert et se rapproche plus, par son aspect extérieur, de la venasquite que du minéral de l'île de Groix. Ses lames gondolées ne dépassent guère 3 ou 4mm.

2° *Dans les schistes paléozoïques.*

Bretagne. — *Finistère*. — Le chloritoïde se rencontre en lames de 3 à 5mm dans les schistes à séricite du précambrien de Taulé ; elles ont été rapprochées de la sismondine de Saint-Marcel par M. des Cloizeaux (*op. cit.* I. 465). Ce gisement, que j'ai eu l'occasion de visiter, est fort riche.

M. Barrois m'a signalé l'abondance du chloritoïde comme élément *microscopique* des schistes cambriens des Montagnes Noires ; il y est très régulièrement réparti. Ce géologue a attribué avec réserve au même minéral des paillettes disposées en rosettes qui abondent dans les schistes dévoniens du canton de Briec (*Bull. Soc. géol. du Nord.* XII. 47. 1884), au contact du granite.

Morbihan. — Le chloritoïde se trouve en petites paillettes de 0mm5 de diamètre dans les schistes siluriens (schistes de Montfort) de Saint-Jean-Brevelay (Barrois, *feuille de Vannes*), dans ceux de Poulhars en Cléguerec.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. — M. des Cloizeaux a trouvé, dans les schistes paléozoïques d'un noir violacé des environs d'Asté (vallée d'Ossau), de très petites lames de chloritoïde analogues, comme forme, à l'ottrélite de l'Ardenne ; elles sont riches en inclusions charbonneuses.

Haute-Garonne. — Dans son livre (*Bains et courses de Luchon*, 1857), Nerée Boubée a signalé au port de Venasque près Luchon l'existence d'un chloritoïde qu'il a nommé *venasquite* et dont M. Damour a donné l'analyse *k* reproduite plus haut. La venasquite forme des lames

gondolées et enchevêtrées les unes dans les autres; elles sont cimentées par des grains de quartz. Je ne crois pas que ce minéral ait été trouvé en place : il provient de blocs éboulés, et son gisement originel doit être vraisemblablement cherché dans les roches paléozoïques du voisinage du port de Venasque. M. Gourdon l'a recueilli en blocs erratiques au Pic de la Mine. L'un des échantillons que j'ai étudiés renferme un nodule d'un quartzite très riche en chlorite et dans lequel ne s'observe aucune lame de chloritoïde.

M. Gourdon m'a communiqué des schistes d'un gris verdâtre avec lamelles losangiques de chloritoïde, provenant de la vallée du Lys : elles sont très analogues comme forme et comme propriétés à l'ottrélite de Seviscourt.

Ardennes. — *Ardennes* et [*Belgique*]. — Le chloritoïde abonde à certains niveaux des assises paléozoïques de l'Ardenne française et belge ; il s'y présente exclusivement sous sa variété manganésifère, l'ottrélite.

Les renseignements géologiques et géographiques qui suivent sont extraits du livre de M. Gosselet, « l'Ardenne » (*Mém. C. géol. France*, 1888), auquel je renvoie pour l'historique et l'exposé des travaux antérieurs (Dumont, Renard et Lavallée-Poussin : *Ann. Soc. géol. de Belg.* VI. 64. et *Bull. Mus. roy. Belgique* III. 1884, etc.). Je dois à la bienveillance de M. Gosselet la plupart des échantillons que j'ai personnellement examinés.

L'ottrélite se trouve dans les quatre massifs cambriens de l'Ardenne, ceux de Rocroi et de Givonne (au N.-O. de Sedan) (*Ardennes*), ceux de Serpont près de Recogne [*Luxembourg belge*] et de Stavelot [*Belgique*].

Elle est engagée dans des phyllades essentiellement constitués par de petits grains de quartz accompagnés de lamelles de séricite, de chlorite, d'ilménite, de rutile, etc. (Voir, à ce sujet, Renard « Les phyllades ardennais » : *Bull. Mus. hist. nat. de Belgique*. I. 1882). Les paillettes sont disposées parallèlement ou obliquement à la schistosité de la roche qui les renferme. Elles présentent des traces très évidentes de déformations mécaniques.

Au point de vue géologique, ce minéral se rencontre dans le *cambrien inférieur* (devillo-revinien de Gosselet) des massifs de Rocroi, de

Givonne et de Serpont, dans le *cambrien supérieur* (salmien) du massif de Stavelot et enfin dans le *dévonien inférieur* (gedinnien inférieur) des massifs de Rocroi et de Serpont.

Massif de Rocroi. (*Ardennes*). — Les phyllades noirs de Revin renferment des paillettes d'ottrélite de $0^{mm}25$ à 1^{mm} de diamètre, dans les exploitations du pont de Monthermé, près de l'ardoisière de l'Echina aux Voiries, à la Forge Neuve, au moulin de Naux en Thilay et surtout à l'entrée du ravin du Corbeau à Linchamps en Hautes-Rivières. L'ottrélite a été signalée aussi dans les phyllades gris de l'entrée du ravin de la Commune en Revin, mais les lamelles noires de ce gisement sont constituées par de l'ilménite. Elle n'existe pas dans les phyllades de Deville qui surmontent les précédents, mais elle se trouve dans les phyllades noirs dits de Bogny (à Bogny près Château-Regnault) qui leur sont postérieurs.

Au ravin du Corbeau et à Bogny, les poudingues de Fépin, du gedinnien inférieur, sont riches en lamelles d'ottrélite qui n'existent que dans le ciment micacé gris verdâtre moulant des galets de quartzite.

Dans toutes ces roches, les lames d'ottrélite sont disposées d'une façon quelconque par rapport à la schistosité.

Massif de Givonne. (*Ardennes*). — Les phyllades de Givonne formant la partie supérieure de la base du cambrien sont gaufrées et riches en ottrélite à Muno, entre Grand-Haye bas et Grand-Haye haut.

Massif de Serpont. [*Belgique*]. — Près de Recogne se trouve un petit massif cambrien de 5^{km} (E. à O.) sur 2^{km} (N. au S.), ne renfermant guère d'autres habitations que le château de Seviscourt; il est en grande partie formé par des phyllades noirs ottrélifères, analogues d'aspect à ceux du cambrien du massif de Rocroi. Ils sont exploités en divers points et sont, d'après M. Gosselet, de l'âge des phyllades de Givonne. Le même savant a trouvé un paquet de schistes gedinniens d'un vert foncé, pincé entre les schistes noirs ottrélitifères du cambrien, à l'ouest de la route de Libramont à Houffalize (marais du ruisseau de Rifontaine). Ces schistes renferment des lamelles gondolées et brisées d'ottrélite, remarquables par leur grande taille ($1^{cm},5$ de diamètre), qui les différencie de l'ottrélite des autres gisements ardennais.

A 400^{m} environ au nord du château de Seviscourt, une carrière a

été ouverte dans des schistes gedinniens d'un blanc verdâtre, très riches en ottrélite, qui, au lieu de se présenter comme dans les autres gisements de l'Ardenne en lamelles arrondies hexagonales, forment des lamelles losangiques qu'il est parfois possible d'isoler de leur gangue.

Au nord-est de Seviscourt, des schistes gedinniens à grands cristaux d'ottrélite de 2 à 3^{mm} de diamètre se rencontrent au moulin de Remogne et surtout dans la colline entre Remogne et Moircy. Ils ressemblent à ceux de Seviscourt; à Freux, l'ottrélite est peu abondante dans des schistes verts et violacés.

Massif de Stavelot. [*Belgique*]. — Les gisements les plus célèbres de ce massif se trouvent aux environs immédiats de Viel-Salm, au S.-E. d'Ottré et à l'est de cette localité (Lierneux). C'est à Ottré qu'ont été recueillis les premiers échantillons décrits par v. Léonhard (*Oryktognosie*. 1821. 518) comme variété de diallage (*ottrelit*). MM. des Cloizeaux et Damour ont été les premiers à faire connaître (*A. M.* II. 357. 1842) la véritable nature de ce minéral.

L'ottrélite ne se trouve pas dans les assises devillo-revinniennes de la base de ce massif, mais abonde dans la partie supérieure du salmien. Peu abondante et de petite taille dans les phyllades oligistifères verts et rouges et dans le coticule, elle se rencontre en grande quantité dans les schistes gris verdâtre de l'assise des schistes rouges oligistifères. Ces schistes sont, soit durs et peu fissiles (c'est le cas de la roche d'Ottré, que l'on trouve dans toutes les collections), soit tendres et friables.

L'étude plus détaillée des gisements belges sort du cadre de cet ouvrage ; des détails circonstanciés sur ce sujet se trouveront dans l'intéressant mémoire de M. Gosselet (*Ann. S. géol. du Nord*. XV. 185. 1888) ; ces schistes ont été étudiés aussi par M. Van Wervecke (*N. J.* 1885. I. 227).

M. Gosselet considère l'ottrélite de tous les schistes de l'Ardenne comme un produit de dynamométamorphisme ; elle s'est formée à une époque très ancienne, car on la trouve déjà (massif de Stavelot) dans des galets du poudingue gedinnien.

M. Prost a décrit sous le nom de *salmite* un échantillon de la collection de Dumont (*Ann. Soc. géol. Belg.* XI. 93. 1883-84) et provenant d'un filon de quartz de Viel-Salm. Ce minéral forme des masses lamellaires ou plus ou moins grenues. Son analyse a été donnée plus haut

(analyse *e*). Si l'on admet l'indépendance de l'ottrélite par rapport au chloritoïde, il faut faire de la salmite une variété manganésifère de chloritoïde.

Alpes. — *Savoie*. — Le chloritoïde a été trouvé par M. Termier (*B. C. F.* n° 20. 1891) comme élément *microscopique* des schistes à séricite des Chalets des Nauts (massif de la Vanoise); ce minéral se rencontre plus abondamment dans la même région au milieu des calcaires marmoréens que ce géologue rapporte au muschelkalk inférieur ainsi que dans les chloritoschistes et schistes ferrugineux qui leur sont associés. A la base de la pointe 3219^{m} (au N. de la Pointe du Dar), ces cristaux sont visibles à l'œil nu, au milieu de lits de schistes à séricite, intercalés dans les calcaires ainsi que dans le chloritoschiste associé au marbre chloriteux du Col de Mone. Ce chloritoschiste affleure sur le chemin de la Petite Val aux Chalets de Mone, à quelques mètres au N.-O. du col, coté 2535^{m}.

Les minéraux associés au chloritoïde sont : l'ilménite, l'oligiste, le rutile, la tourmaline, le quartz, la séricite, parfois l'orthose et l'albite.

GROUPE DES CHLORITES

La propriété caractéristique des minéraux du groupe des chlorites réside dans leur couleur verte due à la notable proportion de protoxyde de fer qu'ils contiennent. Elle n'est cependant pas générale, car il existe un petit nombre de chlorites incolores, blanches, roses, brunes ou bleues.

Les chlorites offrent de grandes analogies avec les micas, dont elles possèdent le clivage très facile suivant *p* (001), donnant des *figures de choc* et *de pression* dirigées suivant la même direction que dans ces minéraux. Toutefois, leurs lames de clivage sont flexibles, sans être élastiques comme celles des micas.

Toutes les chlorites sont pléochroïques; de même que dans les micas, le minimum d'absorption a toujours lieu dans la direction de l'axe perpendiculaire à la base, que ce soit du reste n_g ou n_p qui occupe cette position. Leur biréfringence est faible ou très faible : 0,001 à 0,010,

rarement 0,015; leur dispersion est très forte, comparée à celle des micas. Ces deux derniers caractères me paraissent très importants, et c'est à cause de leur absence que j'ai rattaché au groupe des micas les vermiculites, généralement classées parmi les chlorites.

Les formes extérieures des diverses chlorites présentent entre elles quelque différence; parmi celles qui sont bien cristallisées, les unes sont nettement monocliniques (clinochlore), alors que d'autres (pennine) ont pu être longtemps considérées comme strictement rhomboédriques, d'autant plus que cette symétrie pseudorhomboédrique est accompagnée de l'uniaxie. Les travaux récents et en particulier ceux de Mallard ont montré que le réseau élémentaire de tous ces minéraux est le même, qu'il est monoclinique et que la symétrie pseudorhomboédrique de la pennine est due à des groupements complexes.

Toutes les chlorites sont, au point de vue chimique, des silicates d'aluminium, de magnésium et de fer, renfermant de l'eau de constitution. Rarement le fer manque à peu près totalement (leuchtenbergite); parfois une petite quantité de l'alumine est remplacée par une proportion équivalente de $Fe^2 O^3$ ou de $Cr^2 O^3$ (chlorites roses : kotschubéite, kämmererite). Le MnO, dans quelques cas, remplace une petite quantité de FeO. Quant aux alcalis, ils sont à peu près complètement absents, alors qu'ils jouent un rôle important dans la constitution des minéraux du groupe des micas.

Si l'on sort de ces généralités sur la composition chimique des chlorites, on constate que l'interprétation rationnelle de leur constitution présente des difficultés plus grandes encore que celles qui ont été indiquées plus haut au sujet des micas.

C'est à M. Tschermak que l'on est redevable des travaux les plus récents publiés sur ce sujet (*Ber. Ak. Wien.* XCIX. 174-267. 1890. et C. 29-107. 1891)[1]. Il a divisé ces minéraux en deux familles, que j'adopte ici : celle des *orthochlorites*, constituée par les chlorites se présentant en cristaux distincts ou en lames de quelque importance; celle des *leptochlorites*, formée surtout par des minéraux rarement cristallisés d'une façon nette : ces dernières sont généralement écailleuses, et leur cristallinité ne peut souvent être décelée que par l'étude microscopique. La seconde famille est peu homogène, et beaucoup de minéraux qui s'y rencontrent ne sont qu'imparfaitement connus.

1. Voir aussi : Clarke (*Amer. J. of. Sc.* XL. 405. 1890 et XLII. 242. 1891).

ORTHOCHLORITES

Parmi les orthochlorites, on peut distinguer les trois types suivants :

Clinochlore,
Pennine,
Ripidolite (prochlorite).

Les deux premiers types seuls présentent des formes géométriques déterminables. Le clinochlore est nettement monoclinique (avec forme limite pseudorhombique), la pennine, pseudorhomboédrique.

Mallard a fait voir comment la forme et les propriétés optiques de la pennine peuvent être ramenées à celles du clinochlore, en admettant que les pseudorhomboèdres de la pennine sont constitués par des lames monocliniques groupées suivant la loi des micas par rotation de 60° ou de 120° autour de l'axe pseudoternaire. Le réseau élémentaire de la pennine et celui du clinochlore sont donc essentiellement le même.

La composition chimique de ces diverses substances est sensiblement semblable ; la proportion d'eau est la même dans les deux. Les principales variations s'observent dans la proportion de sesquioxyde, qui croît en sens inverse de celle de la silice et des protoxydes. Il semble donc que *théoriquement* il soit logique de réunir complètement ces deux espèces ; toutefois il me paraît *pratiquement* utile de maintenir les distinctions qui correspondent à quelques caractères assez constants : forme extérieure, biréfringence qui, on le verra plus loin, est plus élevée pour le clinochlore ($n_g - n_p = 0,010$) que pour la pennine ($n_g - n_p = 0,001$ à $0,005$). De plus, le signe optique est généralement positif et les macles microscopiques très nettes, l'écartement des angles souvent plus notable dans le clinochlore ; le signe optique ordinairement négatif, les macles microscopiques peu distinctes et l'écartement des axes à peine appréciable dans la pennine.

Quant à la ripidolite, par ses caractères optiques, elle se rapproche plutôt de la pennine, avec cette restriction toutefois que son signe

optique est le plus souvent positif. Sa composition chimique l'éloigne un peu des autres orthochlorites ; elle est, en effet, généralement plus ferrugineuse.

M. Tschermak suppose que les orthochlorites sont formées par le mélange de deux substances isomorphes dont l'une serait optiquement positive avec une dispersion $\rho < \upsilon$, et l'autre uniaxe et négative avec dispersion $\rho > \upsilon$; la première aurait la composition $H^4 Mg^3 Si^2 O^9$ (*Sp*) du chrysotile (serpentine), la seconde celle d'une chlorite $H^4 Mg^2 Al^2 Si O^9$ (*At*) étudiée par Shepard, l'amésite.

Dans cette hypothèse, la composition des trois types énumérés plus haut serait :

Pennine	$Sp^3 At^2$ à $Sp\ At$
Clinochlore	$Sp\ At$ à $Sp^2 At^3$
Ripidolite	$Sp^2 At^3$ à $Sp^3 At^7$

Macles. — Les macles si fréquentes dans les chlorites se produisent selon les lois suivantes, étudiées par M. Tschermak.

1° Macle des micas. Le plan de macle est une face de la zone *pm* (001) (110) perpendiculaire à *p* (001), avec rotation de 60° ou d'un multiple de 60° autour de l'axe pseudoternaire perpendiculaire à *p* ; souvent, l'accolement a lieu suivant *p* (001).

Dans le premier cas, les cristaux peuvent être constitués par 2, 3 ou 6 individus. Les lignes de jonction des divers individus ne sont généralement pas rectilignes (fig. 1 et 2, d'après M. Tschermak).

Fig. 1. Fig. 2.

Lames *p* (001) de clinochlore montrant deux types de la macle des micas par accolement suivant une surface irrégulière.

Dans le second cas, la macle peut être répétée un grand nombre de fois, donnant ainsi des angles alternativement rentrants et saillants sur la tranche des cristaux aplatis suivant la base.

2° Macle de la pennine. — Plan d'assemblage *p* (001) et rotation de 180° autour d'une normale à ce plan. Chaque face du cristal reste

dans la même zone qu'avant la rotation, mais se trouve à 180° de sa position initiale (fig. 3, d'après M. Tschermak).



Fig. 3.
Macle de la pennine. [Lame p (001)].

3° Macle suivant une face perpendiculaire à p (001) faisant partie de la zone pg^2 (001)(130). — Cette macle peut s'interpréter autrement, en admettant qu'un individu (1) est maclé avec un autre (2) suivant la loi du mica et celui-ci avec un troisième (3) suivant la loi de la pennine; les cristaux (1) et (3) présentent entre eux les mêmes relations que les individus de la macle qui nous occupe.

4° Des lames p de chlorite présentent parfois des cannelures régulières parallèles aux arêtes de zone ph^1 (001)(100) et pg^2 (001)(130) ou à l'une de ces directions seulement. Les angles rentrants de ces cannelures sont de 20′, de 40′ ou d'un multiple de 20′. Ils peuvent être interprétés par une macle suivant g^2 (130) [$pg^2 = 89°\ 50'$] ou suivant h^1 ($ph^1 = 89°40'$).

C'est à l'aide de nombreuses répétitions de ces macles suivant h^1 et g^2 que M. Tschermak explique les groupements en rosettes, en roues, et les groupements vermiculaires fréquents dans certaines chlorites (fig. 1, p. 390). L'axe de ces rosettes est parallèle à une diagonale de la base hexagonale ou perpendiculaire à deux de ces faces. Les groupements en roue sont réalisés quand la direction de cet axe est constante, les groupements vermiculaires dans le cas où elle est variable.

Gisements des orthochlorites. — Les orthochlorites sont au nombre des minéraux les plus répandus dans la nature; ils se rencontrent dans de multiples conditions.

1° Dans les roches éruptives et dans leurs tufs, qui leur doivent souvent leur couleur verte. — Les orthochlorites s'y rencontrent le plus généralement comme produit secondaire formé directement aux dépens de silicates alumineux et ferromagnésiens (micas, certaines amphiboles et pyroxènes); ou indirectement aux dépens de minéraux alumineux (grenats, feldspaths) ou ferromagnésiens (certains pyroxènes, etc.). Les éléments, nécessaires à la production de la chlorite, sont, dans ce cas, apportés de l'extérieur ou empruntés à des minéraux voisins, également en voie de décomposition.

Ces chlorites peuvent se produire sur place, sur le cadavredu minéral leur ayant fourni tout ou partie de leurs éléments (elles sont souvent alors géométriquement orientées sur lui). Dans d'autres cas, elles sont concentrées dans les roches d'une façon quelconque ou même tapissent les fissures de celles-ci. C'est dans ces conditions que l'on rencontre des cristaux nets de chlorite.

2° Dans les schistes cristallins et les roches sédimentaires métamorphisées. — A l'inverse de ce qui a lieu pour les gisements du type précédent, les chlorites sont le plus généralement d'origine primaire dans ces roches schisteuses. Elles s'observent dans des chloritoschistes dont elles constituent l'élément essentiel, se trouvent dans les amphibolites, les micaschistes de la partie supérieure des schistes cristallins. Enfin elles abondent aussi dans les schistes micacés, chloriteux, amphiboliques et les phyllades des assises paléozoïques et plus rarement secondaires métamorphisées.

Dans toutes ces roches, elles peuvent aussi se produire par altération sur place de minéraux préexistants ou se développer par voie secondaire en beaux cristaux dans les fissures de la roche.

3° Dans les roches sédimentaires métamorphisées au contact des roches éruptives. — Les contacts de nombreuses roches éruptives (granite, lherzolite, ophite, etc.) sont parfois riches en chlorites. Dans les Pyrénées notamment, les calcaires secondaires modifiés par la lherzolite et les ophites renferment souvent en abondance une variété de clinochlore (leuchtenbergite) nettement cristallisée, qui se forme aussi par altération des autres minéraux métamorphiques (dipyre, etc.) qui l'accompagnent. Cette variété de chlorite est la seule qui ne se trouve que dans une catégorie unique de gisement : les autres types se rencontrent sans exception dans les divers gisements signalés plus haut.

En présence de cette diffusion des chlorites, il ne saurait être question d'énumérer toutes les localités de la France dans lesquelles on les rencontre : je me contenterai de passer en revue ceux qui se recommandent par quelques particularités intéressantes, par la netteté de leurs cristaux ou par leur abondance.

CLINOCHLORE

$H^8 (Mg\ Fe)^5 Al^2\ Si^3\ O^{18}$

Monoclinique :

$b : h = 1000 : 1972,11 \quad D = 866,025 \quad d = 500,00.$

Angle plan de $p = 120°$.

$\left[a : b : c = 0,57735 : 1 : 2,2772 \text{ (Kokscharoff)} \quad zx = 89°40'. \right]$

Formes observées. — Dans les gisements français, je n'ai jamais observé aucune forme autre que des lames hexagonales.

Macles. — Voir page 376.

Faciès des cristaux. — Les lames de clinochlore des gisements français sont le plus souvent empilées les unes sur les autres et ne présentent généralement aucun contour géométrique.

Clivages. — Clivage p (001) parfait. Les lames de clivage sont flexibles, mais non élastiques. *Figures de choc* et *de pression* comme pour les micas.

Figures de corrosion. — M. Tschermak a montré que les figures de corrosion déterminées sur la base sont de deux ordres ; les premières, à symétrie monoclinique, ont la forme de triangles équilatéraux dont l'angle dirigé en avant (dans le sens de a) est à angles vifs, alors que les deux autres sont arrondis ; les secondes n'ont qu'un angle arrondi, tantôt à droite, tantôt à gauche. Cette observation conduit à penser que le réseau élémentaire du minéral est peut-être triclinique.

Dureté. — 2 à 2,5.

Densité. — 2,65 à 2,78 ; 2,687 (c. de Chanrousse), 2,715 (leuchtenbergite d'Arnave).

Coloration et éclat. — Vert foncé, vert olive, rarement jaune pâle, rose ou incolore (leuchtenbergite). Poussière d'un blanc verdâtre ou blanche.

Éclat nacré sur le plan de clivage. Translucide ou transparent.

Propriétés optiques. — Plan des axes optiques généralement paral-

lèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë ordinairement *positive* (n_g), peu inclinée sur la normale à p (001), 2°30′ d'après M. Tschermak.

$\mathbf{n}_p = 1{,}585$ Clinochlore (M L et Lx) ;
$\mathbf{n}_m = 1{,}588$;
$\mathbf{n}_g = 1{,}596$;
$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0{,}011$.

L'écartement des axes optiques est variable, même dans l'étendue d'une même plage.

2 E = 0° leuchtenbergite des Pyrénées.
= 26°, 44° à 72° clinochlore de Cavalaire (Var) (Dx).

Dispersion $\rho < \nu$. Dispersion inclinée faible.

Les macles de clinochlore sont souvent polysynthétiques, et, dans les lames minces, elles se présentent sous forme de fines lamelles hémitropes.

Pléochroïsme. — Le pléochroïsme est toujours net dans les variétés colorées, avec un minimum suivant n_p. En lames de $0^{mm},01$, on observe :

$\mathbf{n}_g$ = incolore ou jaune verdâtre ;
$\mathbf{n}_m$ et $\mathbf{n}_p$ = vert.

Dans quelques échantillons de clinochlore, j'ai observé, autour d'inclusions de zircon, des auréoles pléochroïques présentant les mêmes particularités que celles des micas.

Associations régulières avec d'autres minéraux. — On a vu page 315 que le clinochlore s'associe régulièrement avec les micas.

Composition chimique. — *a*) Composition théorique répondant à la formule $H^8 Mg^5 Al^2 Si^3 O^{18}$. Dans la plupart des clinochlores, une partie du magnésium est remplacée par du fer ;

b) Analyse de la leuchtenbergite de Mauléon par Delesse (*A. P. C.* IX. 396. 1893).

	a)	*b*)
SiO^2......	32,5	32,1
Al^2O^3.....	18,4	18,5
MgO	36,1	36,7
FeO......	»	0,6
H^2O......	13,0	12,1
	100,0	100,0

Essais pyrognostiques. — Dans le tube, donne de l'eau. Au chalumeau, les clinochlores verts blanchissent et fondent difficilement sur

les bords en un verre gris noir. La leuchtenbergite des Pyrénées ne donne pas la réaction du fer.

Diagnostic. — Le clinochlore se distingue de la pennine et de la ripidolite par une biréfringence plus grande, de la pennine par le signe optique ordinairement positif de sa bissectrice ; les macles microscopiques polysynthétiques avec angle d'extinction parfois notable sont aussi caractéristiques du clinochlore dans les lames minces de roches.

La leuchtenbergite des Pyrénées ne se distingue souvent par aucun caractère extérieur de la phlogopite qui l'accompagne. Le signe optique positif et la biréfringence plus faible permettent de différencier aisément la leuchtenbergite par l'examen optique.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Les gisements français dans lesquels on trouve du clinochlore en échantillons *macroscopiques* ne sont pas très nombreux, surtout si l'on tient compte de l'abondance de ce minéral comme élément secondaire *microscopique* d'un très grand nombre de roches. Il n'y a guère, en effet, de roches éruptives ou métamorphiques dans lesquelles on ne le rencontre occasionnellement. Je ne citerai que les gisements suivants :

1° Dans les roches éruptives (péridotites et leurs serpentines) ;

2° Dans les schistes cristallins ;

3° Dans les calcaires secondaires modifiés par la lherzolite ou par les ophites.

1° *Dans les roches éruptives (péridotites et leurs serpentines).*

Pyrénées. — *Haute-Garonne.* — J'ai recueilli de larges lames de clinochlore d'un vert pâle à éclat nacré ayant environ 8^{mm} de diamètre dans la lherzolite serpentinisée du Tuc d'Ess près Coulédoux.

Ariège. — Du clinochlore d'un blanc verdâtre se trouve dans la serpentine de lherzolite à Serreing en Sentenac. J'ai découvert, dans la haute vallée de l'Oriège (montée du lac Naguille, mont Bedeilla, en Paraou, etc.) et dans le massif du pic Saint-Barthélemy près du pic, des picrites à hornblende à très grands éléments renfermant, comme élément normal, du clinochlore en grandes lames vertes associées à de la biotite (Voir p. 186, fig. 15).

Plateau Central. — *Aveyron*. — Des gisements remarquables de clinochlore se trouvent aux environs d'Arvieu (Pentézac, la Préfecture, Compeyrouse). M. Gaubert m'a, en effet, remis des roches qu'il y a recueillies dans la serpentine : elles sont schisteuses et constituées essentiellement par des lamelles d'un blanc verdâtre de clinochlore et par une amphibole d'un vert pâle en lames minces englobant des grains serpentinisés d'olivine. Ces roches sont des picrites à hornblende très pauvres en olivine ; elles constituent sans doute un cas particulier de la roche originelle de la serpentine de ces gisements.

M. Boule a signalé l'abondance du clinochlore comme élément microscopique des serpentines de la vallée de l'Allier (*B. S. G.* XIX. 971. 1891).

Alpes. — *Isère*. — Les serpentines de l'Isère sont par place riches en chlorite ; c'est ainsi que j'ai observé de belles lames de clinochlore d'un vert foncé dans une serpentine recueillie par M. Rouast entre le lac Robert et Chanrousse.

Maures. — *Var*. — M. des Cloizeaux a signalé (*op. cit.*, I. 447) le clinochlore dans la serpentine de La Molle près Cogolin ; il y forme des masses de la grosseur du poing, constituées par des lames vert foncé atteignant 1^{cm} de diamètre ; le même minéral se rencontre à Cavalaire avec la chromite.

2° *Dans les schistes cristallins.*

Le clinochlore constitue plus rarement que la pennine l'élément essentiel des chloritoschistes ; on le rencontre occasionnellement dans un grand nombre d'entre eux. Il est inutile d'énumérer des gisements de ce genre dans lesquels le minéral ne se présente qu'en petites paillettes. J'en signalerai quelques-uns seulement comme particulièrement intéressants.

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. — Aux environs de Nantes, à Pont-du-Cens, M. Baret a trouvé des lits de chloritoschiste à grandes lames formés par une chlorite d'un vert sombre dont il a bien voulu me confier des échantillons. Cette roche est riche en beaux cristaux de grenat almandin. Dans les lames minces, on peut constater que le minéral est un clinochlore à macles fines très distinctes ; les lames de cette chlorite sont remarquablement froissées. Elles sont riches en inclu-

sions d'un minéral décomposé (allanite ?) autour desquelles s'observent de remarquables auréoles pléochroïques.

Corse. — Le clinochlore est abondant dans les schistes à glaucophane de Corse.

Madagascar. — Les amphibolites et les pyroxénites du massif d'Ankaratra renferment de grandes lames de clinochlore.

Nouvelle-Calédonie. — Les micaschistes de la vallée du Diahot et des environs de la mine de Balade contiennent de superbes chloritoschistes à clinochlore et à muscovite, riches en rutile. Le clinochlore montre, en lames minces, des macles très régulières; il présente des associations à axes parallèles avec la muscovite.

3° *Dans les calcaires secondaires modifiés par la lherzolite ou par les ophites.*

Pyrénées. — La leuchtenbergite, incolore ou à peine teintée en verdâtre, est un des minéraux les plus fréquemment développés dans les calcaires secondaires au contact des ophites. Je ne l'ai trouvée que dans un seul gisement au contact de la lherzolite (*B. C. F.* n° 42. 1895). Ce minéral a été appelé *chlorite blanche de Mauléon*, *mauléonite* (à cause de son abondance à Libarrenx près Mauléon), *pouzacite* (à Pouzac). Ces noms ne doivent pas être maintenus, le minéral ne se distinguant pas de la leuchtenbergite de l'Oural.

Basses-Pyrénées. — J'ai trouvé en abondance la leuchtenbergite, parfois légèrement teintée de vert, associée à la phlogopite incolore et à l'albite dans les calcaires métamorphisés au contact de la lherzolite du Moun caou près les bains de Durrieu en Louvie Juzon. Le contact se trouve dans le quartier d'Escambelé, dans les abrupts situés entre le sentier et le ruisseau du Bazet. La leuchtenbergite y forme de petites lamelles de 1 à 3^{mm} de diamètre.

Le premier gisement de leuchtenbergite qui ait été trouvé en France est celui du moulin de Libarrenx près Mauléon, qui sera décrit plus loin (Voir à *dipyre*). La leuchtenbergite d'un blanc nacré y forme souvent des nids de quelque importance; elle se trouve aussi en rosettes de quelques millimètres de diamètre. Enfin elle épigénise parfois le dipyre. C'est elle que Delesse a analysée (analyse *b*).

Le même minéral se trouve dans les gypses à tourmaline de Lys.

Hautes-Pyrénées. — Les calcaires métamorphiques de la Serre de Pouzac renferment, au contact de l'ophite (et particulièrement dans le bois de hêtres traversé par le chemin qui va de la halte de Pouzac à Bagnères-de-Bigorre), des paillettes de leuchtenbergite, parfois associées à de la phlogopite incolore et à de l'albite. Ce sont elles que M. Frossard avait proposé de désigner sous le nom de *pouzacite* (*Bull. Soc. Ramond*, 1890. 22).

Ariège. — La leuchtenbergite est fort abondante dans les calcaires et les gypses métamorphiques d'Arnave et d'Arignac. A Arnave, j'ai recueilli de très jolies rosettes blanches ou d'un blanc jaunâtre de ce minéral dans une dolomie riche en cristaux d'albite. La roche est formée par de petits rhomboèdres de dolomie, cimentés par de la calcite. Sur les surfaces exposées à l'air, la calcite est dissoute par les eaux atmosphériques et la roche devient sableuse, laissant en relief les minéraux qui la constituent.

Le gypse d'Arnave renferme des lamelles hexagonales de clinochlore vert associé à de la hornblende.

Algérie. — *Alger.* — En traitant par l'acide chlorhydrique des échantillons de calcaire à tourmaline verte de l'Arba près de l'Oued Djemma, j'en ai extrait des lamelles de leuchtenbergite associée à du rutile, de l'albite, etc.

PENNINE

$$H^8 (Mg\,Fe)^5 Al^2 Si^3 O^{18}$$

Monoclinique. — pseudorhomboédrique.

Dans l'hypothèse rhomboédrique, $pp = 65°28'$ (Dx).

$[a : c = 1 : 3,5392.]$

Formes observées. — Les seules formes observées dans les gisements français sont des lames triangulaires ou hexagonales.

Macles. — Macles fréquentes suivant les lois de la pennine et des micas.

Faciès. — Lamelles aplaties suivant la base. La *pseudophite* (pyrosclérite) est une pennine peu ferrifère, en lamelles cryptocristallines dont l'assemblage constitue une masse translucide à éclat gras et

d'apparence amorphe rappelant la serpentine; sa structure cristalline apparaît au microscope.

Clivages. — Clivage *p* (001) parfait; les lames sont moins élastiques encore que celles du clinochlore. Les *figures de choc* et *de pression* sont plus difficiles à obtenir que dans le clinochlore. Figures de corrosion comme dans le clinochlore.

Dureté. — 2 à 2,5.

Densité. — 2,6 à 2,84.

Coloration et éclat. — Verte de diverses nuances, parfois rose, rouge, rarement jaune.

Éclat nacré suivant le clivage *p* (001). Transparente ou translucide. Éclat vitreux sur les faces latérales.

Propriétés optiques. — Bissectrice aiguë le plus généralement *négative* (n_p), perpendiculaire à *p* (001).

2 E généralement voisin de 0°.

Quelquefois, dans un même cristal, on trouve des plages uniaxes et d'autres biaxes; les premières sont souvent au centre du cristal.

Dispersion forte, $\rho < v$ pour les cristaux positifs et $\rho > v$ pour les négatifs.

$\mathbf{n}_g = 1,579$ jaune (Zermatt M.L. et Lx);
$\mathbf{n}_p = 1,576$;
$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0,001$ à $0,003$.

Les teintes de polarisation sont très caractéristiques dans les bleus de premier ordre pour les sections de $0^{mm},02$. En lumière blanche, il n'y a pas d'extinction à cause de la forte dispersion.

Pléochroïsme. — Le pléochroïsme est net et, comme pour le clinochlore, d'autant plus intense que le minéral est plus coloré. Le minimum de pléochroïsme a toujours lieu dans les directions perpendiculaires à *p* (001), de telle sorte que l'on a :

pennine +	*pennine* —
$\mathbf{n}_g$ = incolore ou vert jaune pâle;	$\mathbf{n}_g$ et $\mathbf{n}_m$ = incolore ou vert jaune pâle.
$\mathbf{n}_m$ et $\mathbf{n}_p$ = vert;	$\mathbf{n}_p$ = vert;

Composition chimique. — La composition est très voisine de celle donnée plus haut pour le clinochlore.

Au point de vue chimique, la pseudophite paraît être à la pennine ce que la leuchtenbergite est au clinochlore.

a) Analyse de la pseudophite de Sainte-Marie-aux-Mines par M. Van Werwecke *in* Groth (*Abh. z. geol. Specialkarte Elsass-Loth.*, 3es Heft. 1877).

b) Analyse du même minéral, désigné par Delesse sous le nom de pyrosclérite (*B. S. G.* IX. 121. 1851).

	a		*b*
SiO^2	32,84		38,29
Al^2O^3	17,34		26,54
Fe^2O^3	3,29	Cr^2O^3	traces
FeO	1,04		0,59
CaO	0,75		0,67
MgO	30,48		22,16
H^2O [1]	12,16		11,65
	97,90		100,00
Densité	»		2,622

Essais pyrognostiques. — Comme pour le clinochlore ; au chalumeau, la pseudophite devient blanche, très dure, puis fond en un verre blanc.

Diagnostic. — La pennine se distingue du clinochlore surtout par sa biréfringence plus faible, son uniaxie et le signe négatif le plus habituel de sa bissectrice. Ces deux derniers caractères ne sont pas suffisants à eux seuls pour diagnostiquer le minéral, puisqu'il y a des clinochlores à un axe et d'autres optiquement négatifs.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La pennine est plus abondante encore que le clinochlore comme produit secondaire dans les roches les plus diverses, mais elle paraît plus rare que ce dernier minéral en échantillons *macroscopiques*, ou tout au moins elle n'a pas, jusqu'à présent, été cherchée avec suffisamment de soin dans les gisements français. On la trouve particulièrement dans les conditions suivantes :

1° *Comme produit d'altération des silicates ferromagnésiens constitutifs des roches éruptives et métamorphiques.*

La pennine est notamment le produit d'altération le plus fréquent de la biotite, particulièrement dans les roches granitiques et gneissiques

1. Eau hygrométrique 2,28.

(Voir p. 316); les produits micacés verts de ces roches n'ont, en général, pas une autre nature, notamment dans la protogine du massif du mont Blanc.

La chlorite épigénise aussi parfois les amphiboles et les pyroxènes. Aucun gisement ne se recommande spécialement à ce point de vue.

La pennine se forme aux dépens du grenat des éclogites de la Loire-Inférieure; c'est aussi à la pennine que sont dues les épigénies des grenats des micaschistes et des chlorischistes de la vallée de Diahot (*Nouvelle-Calédonie*).

M. de Launay m'a signalé la pennine compacte comme gangue du filon de la Prugne (*Allier*); elle provient peut-être de la décomposition de schistes amphiboliques.

2° *Comme produit d'altération des feldspaths dans les roches éruptives et métamorphiques.*

Vosges. — [*Alsace*]. — Delesse a décrit avec détails (*B. S. G.*, *op. cit.* et *A. M.* XX. 153. 20) des nodules de grande taille qui se trouvent dans les cipolins de Saint-Philippe près Sainte-Marie-aux-Mines. Ils sont extérieurement constitués par des lamelles de phlogopite blonde, implantées sur un nodule blanc verdâtre à éclat gras (fig. 1), qu'il a désigné sous le nom de *pyrosclérite*. Dans quelques échantillons, le centre du nodule est formé par de l'orthose qui paraît se fondre insensiblement avec la pyrosclérite; aussi Delesse regarda-t-il la pyrosclérite comme un produit d'altération de ce feldspath. Cette opinion a été confirmée par M. Groth (*Z. K.* I. 509. 1877) qui a trouvé des pseudomorphoses de ce genre à Rain de l'Horloge et constaté que le minéral pseudomorphisant l'orthose avait la structure cryptocristalline de la pseudophite du mont Zjar en Moravie.

Les différences des analyses de Delesse et de M. Van Wervecke données plus haut s'expliquent aisément par l'impureté fréquente de ces nodules, que j'ai pu constater dans les échantillons de la collection du Muséum et dans ceux de la collection de Delesse lui-même; aussi l'analyse de M. Van Wervecke, qui est la plus récente et qui a dû être faite sur une matière soigneusement purifiée, doit-elle être considérée comme la plus exacte, d'autant plus qu'elle correspond bien à la composition de la pseudophite du mont Zjar, qui est relativement pure.

La figure 1 représente un échantillon provenant de la collection de Delesse. L'examen microscopique fait voir que l'orthose non chloritisée est piquetée de micas secondaires.



Fig. 1.
Nodule des cipolins de la carrière Saint-Philippe. L'orthose (F) est entouré d'une zone fibrolamellaire de phlogopite (M). Ce feldspath se transforme en pseudophite (S).

Corse. — Les feldspaths de quelques gabbros de Corse se transforment en pennine grenue, mélangée d'un peu de zoïsite et de glaucophane, produites par la décomposition du diallage de la roche.

3° *Dans les cavités des roches volcaniques.*

Algérie. — *Constantine*. — Dans les cavités de l'andésite quartzifère de Bou Serdoun, qui lui a fourni les beaux cristaux d'apophyllite décrits tome II, M. Gentil a trouvé (*B. S. M.* XVIII. 87. 1894) des masses sphérolitiques, ayant 1^{cm} de diamètre, d'une chlorite écailleuse, d'un blanc nacré à un axe négatif. Elle paraît être à la pennine ferrifère ce que la leuchtenbergite des Pyrénées est au clinochlore normal.

4° *Dans les chloritoschistes et schistes paléozoïques comme élément normal.*

La pennine constitue l'élément normal de beaucoup de chloritoschistes et de schistes paléozoïques. Elle s'y présente en paillettes sans contours géométriques, le plus souvent microscopiques.

RIPIDOLITE

(PROCHLORITE)

H^{40} $(Fe\,Mg)^{23}$ Al^{14} Si^{13} O^{90} (Tschermak).

Monoclinique.

Formes observées. — Lames hexagonales.

Faciès. — La ripidolite se présente le plus souvent en petites paillettes enchevêtrées. On la trouve aussi en prismes vermiculés (fig. 1) qui ont fait donner à l'une de ses variétés le nom d'*helminthe* (voir page 377), ainsi qu'en rosettes ou en groupes sphéroïdaux.

Clivages. — Clivage facile suivant *p* (001).

Dureté. — 1 à 2.

Densité. — 2,78 à 2,96 ; 2,936 (La Noeveillard en Sainte-Marie), 2,94 (Lac Noir), 2,946 (montée de Trimounts).

Coloration et éclat. — Verte de diverses nuances, variant du vert d'herbe au vert noir; plus rarement brun bronzé et gris verdâtre. Poussière blanche, brunâtre ou verdâtre.

Éclat faiblement nacré sur le clivage, parfois éclat bronzé presque métallique. Transparente seulement en lames minces.

Propriétés optiques. — Bissectrice le plus souvent *positive* (n_g) (il existe cependant quelques variétés négatives) peu inclinée sur la normale à *p* (001) (2° environ).

$2\,\mathbf{E}$ = très petit et souvent presque nul.

Dispersion très forte $\rho < \upsilon$.

La biréfringence paraît être analogue à celle de la pennine.

Pléochroïsme. — Pléochroïsme net.

$\mathbf{n}_g$ = incolore ou jaune verdâtre ;
$\mathbf{n}_m$ et $\mathbf{n}_p$ = vert plus ou moins foncé.

Composition chimique. — D'après M. Tschermak, la ripidolite pourrait être interprétée comme un mélange de $H^4\ (Mg\ Fe)^3\ Si^2\ O^9$ et de $H^4\ (Mg\ Fe)^2\ Al^2\ Si\ O^9$ dans des rapports variant de 2 : 3 (*formule donnée plus haut*) à 3 : 7. La proportion de fer est en général plus élevée que celle de la magnésie.

a) Analyse de la ripidolite de Saint-Christophe, par Marignac (*A. P. C.* XIV. 56. 1845);

b) Analyse de la ripidolite de la montagne des Sept Lacs (*Id.*) ;

c) Analyse de la ripidolite du glacier d'Argentières, par M. Brun (*Z. K.* VII. 390. 1882).

	a	*b*	*c*
SiO^2....	26,88	27,14	26,60
Al^2O^3...	17,52	19,19	18,02
FeO....	29,76	24,76	29,67
MgO...	13,84	16,78	15,85
H^2O....	11,33	11,50	10,51
	99,33	99,37	100,65

Association avec d'autres minéraux. — La ripidolite forme très fréquemment des associations pœcilitiques avec divers minéraux (*adulaire*, *albite*, *quartz*, *calcite*, *axinite*, *sphène*, *prehnite*, etc.). Ceux-ci l'englobent : les variétés vertes ainsi produites sont dites *chloritées*. Parfois la ripidolite incluse est si abondante que leur hôte est réduit à un ciment cristallin à orientation unique. Leur constitution rappelle celle des célèbres cristaux de calcite désignés sous le nom de *grès cristallisé de Fontainebleau*. Au microscope, on constate que les paillettes des groupements de cristaux de ripidolite ne sont généralement pas orientées dans leur hôte (fig. 1), mais qu'elles sont souvent distribuées dans des zones d'accroissement plus ou moins régulièrement concentriques.

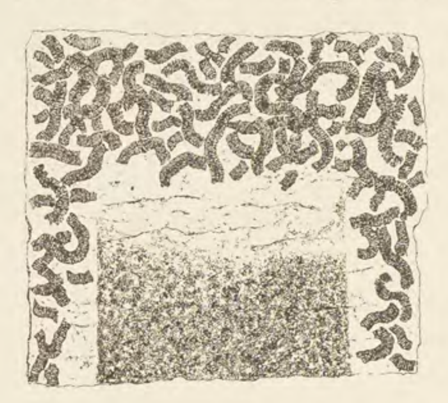


Fig 1.

Lame mince d'*adulaire chloritée* du Dôme du Gouter montrant les groupements vermiculés de ripidolite (helminthe) localisés sur les bords du cristal, qui au centre ne renferme que des lamelles enchevêtrées du même minéral (grossissement de 20 diamètres).

Essais pyrognostiques. — Semblables à ceux du clinochlore ; les réactions du fer y sont seulement beaucoup plus énergiques.

Diagnostic. — La ripidolite se distingue de la pennine par ses formes vermiculées, son signe optique habituellement *positif*, sa plus grande richesse en fer et sa densité plus élevée.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La ripidolite se présente dans les mêmes gisements que les autres chlorites comme produit d'altération des éléments de diverses roches éruptives ou métamorphiques, puis comme élément normal de schistes cristallins ; mais c'est dans les fissures des diverses roches qui viennent d'être énumérées que ce minéral se rencontre à l'état de pureté et surtout en cristaux lamelleux. Il est alors souvent associé à du quartz et à des feldspaths (adulaire, albite), à de l'anatase, du rutile, du sphène, de l'ilménite, etc., qu'il imprègne fréquemment. Je signalerai seulement ici les gisements que j'ai visités ou dont j'ai étudié les produits.

Bretagne. — *Côtes-du-Nord*. — M. Dorlodot d'Arment m'a signalé des lits de ripidolite riches en octaèdres de magnétite dans les chloritoschistes de Port-Mélek en Plestin.

Morbihan. — La ripidolite forme à l'île de Groix, dans les schistes cristallins et dans leurs fissures, des nids dans lesquels elle est accompagnée par du rutile, de l'ilménite lamellaire, etc. Elle y est aussi associée à du chloritoïde. M. de Limur m'a remis des échantillons de ripidolite écailleuse renfermant de gros cristaux d'albite et des octaèdres de magnétite; ils proviennent de la pointe d'Enfer dans la même île.

Loire-Inférieure. — Les filonnets quartzeux qui traversent les schistes à séricite de la côte de Pornic (pointe de Gourmalon et côte Sainte-Marie, notamment à la Noeveillard) renferment en abondance, associés à de l'ilménite, de petits prismes contournés de ripidolite (*helminthe*) et plus souvent encore des nids de petites paillettes hexagonales.

M. Baret (*op. cit.*, 54) a trouvé en abondance le même minéral aux environs de Nantes près Pont du Cens, à Basse-Indre, au pont de la Verrière en Chapelle-sur-Erdre, etc.

Maine-et-Loire. — Je dois à l'obligeance de M Davy un échantillon de ripidolite pulvérulente trouvée dans les fondations du pont du chemin de fer de Sainte-Gemmes d'Andigné près Segré : elle est formée par de petites paillettes hexagonales.

Pyrénées. — *Hautes Pyrénées*. — De la ripidolite écailleuse et sableuse a été trouvée, dans les fentes du granite et des schistes modifiés par lui, au nord du massif de Néouvielle, dans la région de Barèges. M. Frossard m'a communiqué de petites lamelles du même minéral accompagnant la calcite dans les fentes des schistes paléozoïques de Gazost.

Haute-Garonne. — M. Gourdon a recueilli de la ripidolite en agrégats globulaires dans un filon de quartz de la vallée du Lys près Luchon, etc.

Ariège. — J'ai trouvé (*B. S .M.* XVII. 48. 1894) des cristaux de ripidolite atteignant 4^{mm} de diamètre dans les fentes des gneiss granulitiques du flanc S.-E. du massif du Saint-Barthélemy, sur la rive droite du ruisseau de Gérale descendant du col de Trimounts en Lordat. Ils ont la forme vermiculée ou constituent seulement des groupements globulaires. Cette ripidolite est accompagnée de quartz. Le même

minéral se trouve dans le massif du pic des Trois-Seigneurs, au lac Blaou dans les fentes de blocs de granite éboulés du pic de Peyroutet, enfin dans les filons quartzeux traversant les schistes paléozoïques de l'entrée du lac Naguille, au S.-E. d'Ax. Elle accompagne des cristaux de quartz hyalin atteignant 7^{cm} suivant l'axe vertical.

Alpes. — *Massif du mont Blanc. Haute-Savoie.* — La ripidolite en masses vertes et écailleuses est très abondante dans le massif du mont Blanc (mer de Glace, glacier des Argentières, Talèfre, dôme du Gouter, etc.); elle remplit les fissures de la protogine et des schistes cristallins; elle y est associée à l'adulaire, au quartz, à l'albite, au sphène, à la calcite, etc., qui l'ont souvent englobée, donnant ainsi naissance à des variétés vertes, dites chloritées.

Quand la ripidolite est très abondante, les cristaux étrangers sont souvent noyés au milieu d'elle et il est possible de les en dégager. Quand au contraire la ripidolite ne fait que les imprégner, il n'est pas rare de voir, dans un échantillon de quelques centimètres de largeur, des parties criblées de chlorite et d'autres qui en sont totalement dépourvues.

La ripidolite se rencontre moins fréquemment en groupements vermiculés (*helminthe*).

Savoie. — Les schistes de la Tarentaise renferment parfois, dans leurs fissures, de la belle ripidolite écailleuse. La collection du Muséum possède un flacon de paillettes vertes de ce minéral étiqueté « ripidolite des Alpes de la Tarentaise » sans indication plus précise.

Isère. — La ripidolite est très abondante dans le Dauphiné, où elle se présente dans les mêmes conditions et avec les mêmes particularités que dans le massif du mont Blanc. Elle est surtout abondante sur le flanc est de la vallée du Vénéon aux environs de Saint-Christophe en Oisans (le Puy, vallée de la Selle), dans les fissures des granulites qui renferment le quartz hyalin, l'anatase, l'albite, l'adulaire, l'ilménite (chrichtonite), la prehnite, etc., dont les cristaux ont rendu célèbres ces gisements : ils englobent tous parfois de la ripidolite. C'est de cette ripidolite que Marignac a donné l'analyse *a*.

Près du lac Noir, au pied de la Tête du Toura (côté nord), se trouve, avec de beaux cristaux de sphène (voir plus loin) implantés sur quartz, une ripidolite écailleuse brune à éclat métallique : ces cristaux de sphène sont très fréquemment chlorités.

La ripidolite se rencontre aussi dans les fissures des schistes cristallins du massif des Grandes Rousses et particulièrement au voisinage de la vallée de la Romanche, dans la région du Bourg d'Oisans où l'axinite abonde (voy. p. 294). Cette ripidolite imprègne fréquemment ce dernier minéral. Il n'est pas rare de trouver (Balme d'Auris, Armentières, etc.) des cristaux dont une partie seulement est chloritée.

Les anciens échantillons de sphène (*spinthère*) de Maromme sont souvent implantés sur de gros cristaux de calcite, imprégnés et recouverts par une ripidolite écailleuse d'un gris verdâtre clair.

C'est encore dans les mêmes conditions de gisement que se rencontre la ripidolite dans le massif de Belledonne et particulièrement sur son flanc est, à la montagne des Sept lacs (analyse *b*), sur le prolongement du massif des Grandes Rousses.

Corse. — Je dois à l'obligeance de M. Antoine des échantillons d'albite qui seront décrits plus loin et qui sont associés à de la ripidolite écailleuse. Ils ont été recueillis dans des fissures de schistes cristallins près du couvent des moines de Saint-Antoine à environ 600 mètres (est) de Bastia. La ripidolite imprègne l'albite ou forme des nodules dans lesquels sont noyés des cristaux de ce minéral.

Madagascar. — Les cristaux de quartz de Madagascar renferment parfois de la ripidolite écailleuse offrant des groupements vermiculés fort remarquables.

LEPTOCHLORITES

Les leptochlorites se présentent rarement en cristaux géométriquement déterminables (*cronstedtite*); le plus généralement, elles constituent des masses lamelleuses plus ou moins compactes ou à grains fins. Le microscope est souvent nécessaire pour déterminer leur véritable nature. Par suite, leurs propriétés optiques sont moins bien connues que celles des orthochlorites.

La bissectrice dans ces minéraux est toujours voisine de la normale au clivage facile; elle est généralement *négative*. L'écartement des axes optiques est le plus souvent faible ou même nul.

Les leptochlorites sont en général riches en fer. Leur composition est très complexe, et je renvoie au mémoire cité plus haut de M. Tschermak pour l'interprétation théorique qu'il en a donnée, en les supposant constituées par le mélange de plusieurs corps fondamentaux analogues à ceux qui ont été admis pour les orthochlorites.

Parmi les nombreuses substances rattachées à ce groupe par M. Tschermak, je n'ai à m'occuper ici que des suivantes se trouvant dans les gisements français :

Delessite,
Klementite,
Chamosite,

auxquelles j'ajouterai :

Aerinite.
Hisingerite,

DELESSITE

$$H^{10} (Fe\,Mg)^4 (Al\,Fe)^4 Si^4 O^{23}$$ (Groth).

Formes et faciès. — La delessite se présente en masses lamelleuses formées de très petites paillettes dépourvues de contours géométriques et parfois disposées en rosettes ou en sphérolites.

Clivages. — Clivage *p* (001).

Dureté. — 2 à 3.

Densité. — 2,6 à 2,9.

Coloration et éclat. — Vert olive à vert noir. Quelques variétés trouvées comme élément *microscopique* de roches sont d'un beau rose. Transparente en lames minces. Aspect souvent terreux.

Propriétés optiques. — Bissectrice aiguë *négative* (n_p) sensiblement perpendiculaire au clivage. Axes optiques presque réunis.

$$n_g - n_p = 0{,}014 \text{ environ.}$$

Pléochroïsme. — Le pléochroïsme est toujours net.

	Variétés vertes	Variétés roses
n_g et n_m	= vert plus ou moins foncé	rose
n_p	= vert pâle ou incolore	jaune pâle ou incolore.

Composition chimique. — *a*) Analyse de la delessite de la Grève près Miélin par Delesse (*A. M.* XII. 221. 1847).

b) Analyse de la delessite de Montaudou par von Lasaulx (*Sitzber. Niederrh. Gesell. Bonn.* 49. 1870).

	a	*b*
SiO^2	31,07	30,32
Al^2O^3	15,47	18,51
Fe^2O^3	17,54	19,82
FeO	4,07	»
MgO	19,14	14,74
CaO	0,46	4,51
H^2O	11,55	12,30
	99,30	100,30

Essais pyrognostiques. — Au chalumeau, fond difficilement en une masse noire magnétique. Dans le tube, donne de l'eau et noircit. Décomposée par les acides en donnant de la silice floconneuse.

Diagnostic. — La delessite se distingue des autres chlorites par sa biréfringence plus grande.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La delessite est un produit secondaire très fréquemment formé dans les roches renfermant des silicates ferromagnésiens. Elle remplit les vacuoles des roches microlitiques altérées ; elle est surtout abondante dans les labradorites et basaltes anciens (porphyrites et mélaphyres). Delesse, qui a donné l'analyse *a* faite sur un minéral de la Grève près Miélin (Haute-Saône), l'avait désignée sous le nom de chlorite ferrugineuse ; c'est Naumann (*Minéralogie*, 1850) qui lui a donné son nom actuel. Il serait sans intérêt d'énumérer tous les gisements français où se trouve ce minéral, qui n'y existe guère, du reste, que comme élément *microscopique*.

Il est plus rare dans les roches tertiaires, pleistocènes ou modernes.

Cependant on le trouve en Auvergne dans les pépérites (Montaudou, puy de Saint-Sandoux : v. Lasaulx, *op. cit.*). C'est dans ces roches que j'ai observé comme élément microscopique la delessite rose dont il a été question plus haut.

Je dois à l'obligeance de M. Vélain des échantillons de basalte très altérés de la Réunion, dont les vacuoles renferment de la delessite sphérolitique ou groupée en agrégats vermiculés analogues à ceux de la ripidolite (fig. 1, page 390).

KLEMENTITE

Faciès. — La klementite forme des agrégats de petites lamelles hexagonales.

Clivages. — Clivage *p* (001).

Densité. — 2,835.

Coloration et éclat. — Vert olive foncé.

Propriétés optiques. — Bissectrice aiguë *positive* (n_g) perpendiculaire à *p* (001). 2 E petit.

Composition chimique. — L'analyse suivante est due à M. Klement.

SiO^2..........	27,13
Al^2O^3..........	24,70
Fe^2O^3..........	5,84
FeO..........	9,72
MnO..........	1,98
MgO..........	20,52
H^2O..........	11,35
	101,24

Essais pyrognostiques. — Au chalumeau, s'exfolie et fond en un verre noir. Le minéral réduit en poudre fine est en partie décomposé par l'acide chlorhydrique avec production de silice floconneuse.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Ardennes. — [*Belgique*]. — Le nom de klementite a été donné par M. Tschermak (*Sitzungsb. Akad. Wien*, C. 40. 75. 1895) à une chlorite décrite par M. Klement (*Bull. Mus. roy. Belg.* V. 162. 1888). Elle forme des agrégats de lamelles dans des filons de quartz du salmien de Viel-Salm : je n'ai pas eu l'occasion d'étudier personnellement ce minéral.

CHAMOSITE

Les noms de *chamosite*[1], *berthiérine*, *bavalite* ont été donnés à des substances à structure oolithique ou compacte exploitées comme minerai de fer.

L'examen microscopique montre que ces produits ne sont pas homogènes, qu'ils constituent de véritables *roches*, présentant entre elles des différences de composition et de structure, mais ayant comme caractère commun d'être essentiellement formées par un minéral chloriteux qui possède souvent une structure oolithique. Celui-ci est très analogue dans toutes ces roches, mais il n'est probablement pas identique. Il a été extrait de la chamosite suisse par divers auteurs, mais je n'ai pu l'isoler, à l'état de pureté parfaite, de la berthiérine et de la bavalite des gisements français. Je réunirai donc *provisoirement* tous ces produits sous une seule rubrique. Les caractères physiques de la chlorite seront étudiés tout d'abord ; je m'occuperai ensuite, au paragraphe des gisements, de la structure des roches qu'elle constitue en partie.

Clivages. — Clivage basique des chlorites.

Coloration et éclat. — La chlorite isolée est d'un vert clair (berthiérine), d'un vert noir ou même noire (chamosite, bavalite). En lames minces, elle est d'un vert clair.

1. Berthier a décrit (*A. M.* V. 393. 1820) les échantillons de Suisse sous le nom de *chamoisite*. Studer a transformé ce nom en *chamosite* (*N. J.* 337. 1836), qui doit être accepté, la localité du Valais d'où il a été tiré étant Chamoson et non Chamoison.

Propriétés optiques. — La bissectrice est *négative* et plus ou moins exactement perpendiculaire à un clivage facile p (001). L'écartement des axes est faible; souvent même la croix noire est à peine disloquée.

$$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0,010 \text{ à } 0,012.$$

Pléochroïsme. — Le pléochroïsme est peu intense dans les lames de $0^{mm},02$. On observe alors :

$\mathbf{n}_g$ et $\mathbf{n}_m$ = vert pâle;
$\mathbf{n}_p$ = jaunâtre ou incolore.

La chlorite des environs de Segré est très pléochroïque et d'un vert d'herbe suivant n_g et n_m.

Magnétisme.— La chamosite, la berthiérine et la bavalite sont plus ou moins magnétiques; mais cette propriété est due à la magnétite qu'elles contiennent comme inclusions et non au minéral qui nous occupe ici.

Composition chimique. — L'analyse suivante a été faite par M. Schmidt (*Z. K.* XI. 600. 1886) sur la chamosite de Windgällen (canton d'Uri), déduction faite de carbonates et de magnétite :

SiO_2..........	25,23
Al^2O^3.........	19,97
FeO..........	37,51
MgO..........	4,39
H^2O..........	12,90
	100,00

Cette composition chimique rapproche le minéral de la thuringite $[H^{18} Fe^8 (Al Fe)^8 Si^6 O^{41}]$, qui possède les mêmes caractères extérieurs, mais qui renferme environ 13,50 °/₀ de $Fe^2 O^3$.

L'analyse suivante de la berthiérine d'Hayanges par Berthier (*A. P. C.* XXXV. 258. 1827) n'a aucune valeur, le minéral n'ayant pas été purifié et étant riche en magnétite, etc.

SiO^2 12,4 Al^2O^3 7,8 FeO 74,7 H^2O 5,1 = 100,00

Essais pyrognostiques. — Fusible au chalumeau en un verre noir magnétique. Très facilement attaquable par les acides en laissant un squelette de silice gélatineuse conservant la forme du minéral. La berthiérine de Lorraine s'attaque avec une facilité beaucoup plus grande que la bavalite.

Altérations. — La chlorite de la berthiérine s'altère très facilement, se transformant en limonite jaune (mine de fer jaune, en grains, de Lorraine); si l'on attaque par l'acide chlorhydrique ces oolithes jaunes, la limonite se dissout et laisse un squelette siliceux blanc conservant la structure du minéral intact. La structure de ces oolithes de limonite a été récemment étudiée par M. Bleicher. Elle sera développée à l'article *limonite* (Tome II).

Diagnostic. — Ces produits chloriteux ne peuvent être confondus avec la glauconie; en effet, leur couleur est plus foncée (sauf pour quelques variétés de Lorraine). La structure concentrique des oolithes, qui va être décrite plus loin (fig. 1 et 2), est distinctive de la glauconie, qui est cryptocristalline ou lamelleuse; la biréfringence de ce dernier minéral est, en outre, plus grande et sa couleur d'un vert plus vif; enfin, la présence de la potasse dans la glauconie et sa résistance à l'action des acides sont d'excellents caractères différentiels.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La chamosite, la berthiérine et la bavalite se rencontrent exclusivement dans les gisements sédimentaires, la bavalite dans les formations paléozoïques, la berthiérine et la chamosite dans les formations secondaires.

a) *Dans les formations paléozoïques* (bavalite).

Bretagne et **Normandie**. — Le silurien moyen (ordovicien) de la Bretagne et de la Normandie renferme un niveau de minerais de fer assez constant, dans les grès armoricains ou entre les grès armoricains et les schistes à Calymene; c'est parmi ces minerais que se rencontre la *bavalite*.

Côtes-du-Nord. Pouillon Boblaye a décrit le premier gisement de cette substance (*Mém. du Muséum*. XV. 93. 1827) dans la forêt de Lorges, au lieu dit Bas-Vallet, à 8 km. environ de Quintin près de la route de Pontivy. Cette substance magnétique d'un noir verdâtre servait à alimenter le haut fourneau du Pas. Le nom de « bavalite » lui a été donné par Huot (*Minéralogie*, 290. 1841).

Morbihan. Pouillon Boblaye a signalé à Sainte-Brigitte, non loin des forges des Salles de Rohan, une bavalite identique à celle de la forêt de Lorges.

La bavalite est une roche d'un noir verdâtre ou bleuâtre magnétique, attaquable par les acides sans effervescence avec résidu de silice. A l'œil nu, on y distingue des oolithes discoïdes très aplatis mesurant de 1 à 3mm suivant leur plus grand axe. A Sainte-Brigitte, on observe, en outre, des masses inégales de grenat rouge ayant parfois plusieurs centimètres de diamètre. L'examen microscopique fait voir que la roche est essentiellement constituée par la chlorite décrite plus haut et par de la magnétite.



Fig. 1.

Lame mince de la *bavalite* de Sainte-Brigitte (lumière naturelle, grossissement de 60 diamètres). La forme des oolithes ferrugineux est mise en lumière par la magnétite distribuée régulièrement dans la chlorite.

Les oolithes sont formées par des couches concentriques de chlorite englobant quelques octaèdres de magnétite et réunies entre elles par de la chlorite et de la magnétite non orientées. Dans d'autres cas, les couches concentriques des oolithes sont entièrement constituées par de la magnétite. Elles alternent parfois avec la chlorite, qui souvent aussi occupe leur centre (fig. 1).

Il existe de grandes variations entre les proportions relatives de la magnétite et de la chlorite ainsi que dans l'abondance des oolithes.

A Sainte-Brigitte, le grenat est incolore en lames minces; il englobe des octaèdres de magnétite et est entouré par le même minéral. Dans les échantillons que je dois à l'obligeance de M. de Limur, le grenat est très frais et l'on ne peut savoir si la chlorite s'est formée à ses dépens; la forme des oolithes rend toutefois cette hypothèse peu probable. D'après les renseignements que M. Barrois a bien voulu me donner, le gisement de la forêt de Lorges serait en relation avec une diabase.

La collection du Muséum renferme un échantillon indiqué comme provenant de May (*Calvados*) et offrant la même structure que la bava-

lite de la forêt de Lorges. La bavalite a été signalée à Saint-Victeur (*Sarthe*) ; les échantillons que j'ai étudiés sont formés par un grès cimenté par une chlorite analogue à celle qui est étudiée ici ; il en est de même pour un grès silurien d'un gisement de fer des environs de Mortain (*Manche*).

Maine-et-Loire. La bavalite a été signalée à la Chapelle d'Oudon près Segré. Je dois à l'obligeance de M. Davy d'intéressants échantillons de minerais de fer provenant de la mine de Perni près Saint-Gildas-des-Bois. Ils sont constitués par de la magnétite, du quartz, du grenat et enfin une chlorite analogue à celle de la bavalite. Elle est toutefois à plus grands éléments et d'une couleur plus foncée. Elle est presque uniaxe et ne présente pas la structure oolithique.

b) *Dans les formations secondaires* (berthiérine et chamosite).

Lorraine. — *Meurthe-et-Moselle* et [*Lorraine*]. Dans un mémoire sur les minerais de fer en grains (*A. P. C.* XXXV. 258. 1827), Berthier a signalé dans la composition de ceux-ci un minéral analogue à la chamosite ; cette substance, dont les premiers échantillons provenaient d'Hayanges, a été désignée par Beudant sous le nom de *berthiérine* (*Minéralogie*. 1832. 138). Les échantillons que j'ai étudiés proviennent des collections minéralogique et géologique du Muséum ou m'ont été donnés par M. Damour. Ils appartiennent à deux types : l'un est formé par une roche d'un gris noir constituée par de petits oolithes ayant au plus 1mm de diamètre ; cette roche est très magnétique et compacte ; l'autre est peu cohérente, d'un vert sale ressemblant à certaines glauconies altérées ; elle est peu ou pas magnétique.



Fig. 2.

Lame mince de la *berthiérine* verte d'Hayanges (lumière polarisée, grossissement de 60 diamètres, reproduction d'une photographie). Les oolithes sont exclusivement formés de chlorite. Ils sont moulés par de la calcite.

L'examen microscopique montre que cette dernière variété verte est la plus pure au point de vue de la chlorite étudiée ici. Il fait voir, en effet, que la roche est formée de petits oolithes discoïdes pressés les uns contre les autres et réunis par un ciment en partie calcaire, peu abondant (fig. 2).

Les oolithes sont formés par des couches concentriques de chlorite; leur structure rappelle celle des grains d'amidon et, comme ceux-ci, ils donnent, en lumière polarisée parallèle, le phénomène de la croix noire inégalement disloquée par une rotation de la platine du microscope. Les propriétés optiques de cette chlorite ne peuvent être alors étudiées, mais fort souvent le centre de ces oolithes est occupé par une lame de chlorite qui se prête bien à l'examen optique.

Dans cette roche de berthiérine, il existe aussi des débris fossiles transformés en calcite et entourés par une bordure de chlorite analogue à l'enduit de glauconie qui s'observe autour des grains de quartz et de feldspath de certaines roches glauconieuses.

Dans la berthiérine magnétique d'un gris noir, les oolithes sont en partie formés par des couches continues de magnétite comparables à celles de la bavalite (fig. 1); elles sont associées à la chlorite. Le ciment de ces oolithes magnétiques est constitué non seulement par de la calcite, mais encore par de la chlorite.

Les échantillons étudiés jusqu'ici proviennnent d'Hayanges [*Lorraine*]. Dans un spécimen recueilli à Aumetz, qui m'a été communiqué par M. Stanislas Meunier, les deux catégories d'oolithes sont réunies dans la même roche à ciment calcaire et chloriteux.

Enfin, dans beaucoup d'échantillons, la chlorite et la magnétite s'altérant, les oolithes ne perdent pas leur forme, mais deviennent jaunes, monoréfringents; ils sont alors en grande partie formés par de la limonite dont la structure a été récemment mise en lumière par M. Bleicher (*C. R.* 1892; *Bull. Soc. industr. de l'Est* 1894). Ce savant a fait voir, en effet, qu'à l'aide d'un traitement par les acides on pouvait dissoudre la limonite et mettre en évidence un squelette siliceux qui, dans les échantillons d'Hayanges, d'Aumetz [*Lorraine*], d'Homecourt (*Meurthe-et-Moselle*) que j'ai étudiés, est le dernier reste de la chlorite. Ces oolithes ont souvent comme centre un débris d'origine organique.

Le minerai de fer oolithique de Lorraine appartient au lias supérieur.

D'après Berthier (*op. cit.*), une substance analogue à la berthiérine

existerait dans le minerai de fer oolithique de la Bourgogne et de la Champagne.

[**Suisse**]. — Bien que les gisements de chamosite soient situés en dehors de France, je crois devoir leur consacrer ici quelques lignes pour permettre leur comparaison avec les gisements français. La chamosite présente une grande analogie de caractères extérieurs avec la variété de berthiérine gris noir d'Hayanges.

Au microscope, la roche de Chamoson [Valais] se montre essentiellement formée par une chlorite, des octaèdres de magnétite et des plages de calcite accompagnant de nombreux débris de fossiles. La chlorite est souvent oolithique, mais plus nettement cristalline que dans la berthiérine ; à ce point de vue, elle se rapproche davantage de la chlorite de la bavalite. Les chamosites suisses ont été étudiées par M. Schmidt (*Z. K.* XI. 602), auquel est due l'analyse donnée plus haut.

La chamosite de Chamoson (Valais) forme des lits dans les calcaires de l'oxfordien.

AERINITE

Le nom d'aerinite a été donné par von Lasaulx (*N. J.* 1876, 352) à une substance bleue, compacte ou un peu fibreuse par places. L'examen microscopique fait voir que le minéral n'est pas homogène. On y observe, disséminés dans une masse bleue transparente, des fragments de l'ophite (pyroxène, feldspath, etc.) aux dépens de laquelle s'est produite l'aerinite.

Clivages. Clivage micacé visible au microscope.

Densité. 2,480 (petit fragment purifié aussi bien que possible).

Propriétés optiques. La substance bleue possède les propriétés optiques suivantes, qui permettent de la rapporter au groupe des chlorites.

La structure est fibrolamellaire. L'allongement des lamelles est de signe *positif*. Les sections qui leur sont parallèles présentent une structure enchevêtrée, rendant très difficile l'examen en lumière con-

vergente. La bissectrice, plus ou moins normale aux lames, est *négative* : il est probable que l'apparence d'axes rapprochés est due à des superpositions de lames à deux axes plus écartés. La dispersion est très forte, analogue à celle de la pennine.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est intense, rappelant celui de la dumortiérite.

$\mathbf{n}_g$ et $\mathbf{n}_m$ = bleu cobalt foncé ;
$\mathbf{n}_p$ = jaunâtre ou incolore.

Composition chimique. L'acide chlorhydrique attaque le minéral en le décolorant ; il dissout des quantités variables : 18,27, 29,17, 32,45 °/₀ d'après les essais de von Lasaulx, 50,43 °/₀ d'après un essai de M. Damour (*B.S.M.* I. 126. 1878). D'après ce savant, la composition de la partie attaquée est la suivante :

$Si\,O^2$	25,76
$Al^2\,O^3$	16,44
Fe^2O^3	14,86
$Mg\,O$	4,62
$Ca\,O$	13,10
$K^2\,O$	0,60
$H^2\,O$	25,48
	100,86

Elle ne donne que des indications sur la composition réelle de la pâte bleue, d'autres éléments ayant pu être attaqués en même temps qu'elle. Je ne suis pas arrivé à purifier d'une façon satisfaisante la quantité de matière nécessaire pour une nouvelle analyse.

Essais pyrognostiques. J'ai fait les essais suivants sur une petite portion de substance, soigneusement isolée par les liqueurs denses.

Dans le tube, donne de l'eau et devient couleur de bois. Au chalumeau, fond facilement en se boursouflant en un émail grisâtre : donne les réactions du fer.

Facilement attaquable par les acides à froid.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Pyrénées. — L'aerinite se trouve en filonnets dans une ophite altérée ; d'après les indications que je dois à M. Gourdon, ce minéral, qui se vend à Luchon, provient de Caserras [*Aragon*], sur le versant espagnol de la Haute-Garonne.

ANNEXE AU GROUPE DES CHLORITES

HISINGÉRITE

L'hisingérite se présente en masses amorphes à cassure conchoïdale.

Dureté. 3.

Densité. 2,5 à 3,05.

Coloration et éclat. Noir à brun noirâtre. Éclat gras ou vitreux Poussière d'un brun jaunâtre.

Composition chimique. L'hisingérite est essentiellement un silicate hydraté de sesquioxyde de fer renfermant parfois un peu de FeO, MgO, CaO, Al^2O^3. Sa formule chimique est incertaine, la plupart des échantillons analysés n'étant probablement pas absolument homogènes.

Essais pyrognostiques. Dans le tube, donne beaucoup d'eau. Fond difficilement en une scorie noire magnétique. Avec les flux, donne les réactions du fer. Décomposée par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Pyrénées. — *Pyrénées-Orientales.* La collection de l'École des Mines renferme, sous le nom de *thraulite* (la thraulite est une variété d'hisingérite provenant de Bodenmais en Bavière), un échantillon présentant tous les caractères énoncés plus haut pour l'hisingérite ; il est d'un brun noirâtre et provient des anciennes mines de cuivre d'Olette; il est accompagné de sidérose.

GROUPE DE LA GLAUCONIE

La composition chimique exacte de la glauconie et de la céladonite est assez mal connue; ces minéraux se présentent avec un aspect tout à fait analogue.

Ce sont des minéraux verts, agglomérés en petites masses crypto-cristallines souvent globulaires. L'examen microscopique montre que les éléments constitutifs de celles-ci possèdent une structure analogue à celle des micas et des chlorites ; clivage facile suivant une direction perpendiculaire ou presque perpendiculaire à une bissectrice aiguë *négative*. L'angle des axes optiques est petit. Ces minéraux diffèrent des micas par leur biréfringence plus faible ; ils s'en rapprochent par leur richesse en potassium. Ce dernier caractère les éloigne, au contraire, des chlorites, dont ils possèdent la couleur verte habituelle.

Tous ces minéraux sont d'origine aqueuse, formés dans des roches sédimentaires (glauconie) ou par voie secondaire dans des roches éruptives (céladonite).

A leur suite, j'ai placé la bravaisite, qui paraît se rapprocher de la glauconie malgré sa pauvreté en fer et son aspect argileux.

GLAUCONIE

Monoclinique (?) (par analogie avec les micas).

Forme et faciès. — La glauconie se présente sous forme de grains arrondis, analogues à des grains de poudre ; ils ont rarement plus de $0^{mm}10$ de diamètre. Les masses de glauconie que l'on trouve formant de véritables couches dans certaines assises sédimentaires sont constituées par de petits granules de ce genre, agglomérés avec ou sans ciment calcaire ou marneux. La cristallinité de la glauconie n'est visible qu'au microscope et souvent même aux plus forts grossissements seulement; ce minéral se montre alors formé de petites lamelles enchevêtrées. Plus rarement, on observe de véritables cristaux de glauconie pouvant atteindre une fraction de millimètre et constitués par des lames ou par un empilement de lamelles probablement hexagonales; celles-ci

sont souvent contournées à la façon de la variété de ripidolite, l'helminthe (fig. 1, page 390), et de la kaolinite. Ce sont ces cristaux qui se prètent à l'étude des propriétés optiques. Ils se rencontrent, bien qu'avec une fréquence variable, dans tous les gisements énumérés plus loin.

Clivages. Clivage p (001) analogue à celui des micas et des chlorites.

Dureté. 2.

Densité. 2,2 à 2,83; 2,81 (Folembray, Aisne, M. Damour), 2,83 (Vallée de Borrigo, M. Damour).

Coloration et éclat. Vert olive, vert noir. Par altération devient jaune plus ou moins foncé.

Aspect terreux. Transparente en lames minces et alors d'un vert plus ou moins foncé. La glauconie des Alpes-Maritimes possède la couleur la plus foncée parmi celles que j'ai étudiées. Parfois éclat gras à la surface des grains.

Propriétés optiques. La bissectrice aiguë *négative* est plus ou moins normale au clivage facile.

$$2\,\mathbf{E} = 30^\circ \text{ à } 40^\circ.$$

Quelquefois la glauconie est sensiblement uniaxe (Saint-Laurent, *Var*).

La biréfringence ne peut être déterminée avec grande précision. Cependant, dans des lames assez pures, j'ai pu constater qu'elle était d'environ $n_g - n_p = 0{,}020$.

Par analogie avec les micas et les chlorites, on peut supposer que la glauconie est monoclinique. J'ai obtenu, dans quelques sections à peu près perpendiculaires au clivage, des extinctions se faisant à 1° ou 2° de la trace du clivage facile, mais il n'est guère possible d'en tirer des conclusions précises à cause de l'orientation incertaine des sections considérées. Quand on examine une section de glauconie taillée perpendiculairement au clivage, on n'observe pas toujours une extinction complète des petites paillettes à orientation quelconque, incluses dans le cristal observé; celui-ci a été aussi fréquemment froissé pendant la taille de la lame étudiée. L'existence de ces inclusions de paillettes de glauconie dans les lames du même minéral rend assez difficile la recherche des sections perpendiculaires à l'axe : ces sections, en effet, au lieu de rester presque complètement éteintes entre les nicols

croisés, présentent des phénomènes biréfringents dus à leurs inclusions et ainsi se distinguent mal des grains cryptocristallins du même minéral.

Composition chimique. — La composition chimique de la glauconie n'est pas établie d'une façon définitive, soit que les produits analysés aient été impurs, soit qu'il existe plusieurs types chimiques de glauconie. Elle paraît bien définie au point de vue des propriétés optiques et il y aurait intérêt à reprendre son étude chimique sur des échantillons soigneusement purifiés. D'après M. Haushofer, le fer serait au maximum. Est-ce constant ? et n'est-ce pas le résultat d'une oxydation postérieure ?

Analyses : *a*) de la glauconie du calcaire grossier inférieur de Paris, par Berthier (*A.M.* VI. 459. 1821) ;

b) de la glauconie d'un sable à glauconie de Paris, par Berthier (*A.M.* VI. 459. 1821) ; ces analyses n'ont qu'un intérêt historique, le potassium n'y est pas indiqué ;

c) de la glauconie du calcaire cénomanien du Havre, par Haushofer (*J. pr. Chem.* CII. 36. 1867) ;

d) de la glauconie du calcaire cénomanien de Villers-sur-Mer, par M. Pisani (*in* Dx, *op. cit.* I. 542) ;

e) de la glauconie du calcaire grossier d'Anvers [*Belgique*], par M. Dewalque (*B. Soc. géol. Belg.*, II. 3, 1874) ;

f) de la glauconie du calcaire grossier de Saint-Laurent-du-Var, par Blavier (*in* Cordier d'Orbigny, *Descr. des Roches*, 331. 1868).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
SiO^2........	40,0	46,3	50,62	54,18	50,42	54,2
FeO........	24,7	22,3	6,02	20,16	5 96	15,8
Fe^2O^3......	»	»	21,03	»	19,90	»
Al^2O^3......	1,7	7,6	3,80	7,15	4,79	3,4
MgO.......	16,6	6,0	1,11	4,08	2,28	3,6
CaO........	3,3	3,0	»	»	3,21	3,0
K^2O........	»	»	7,14	7,97	7,87	5,4
Na^2O.......	»	»	»	»	0,21	»
H^2O........	12,6	15,0	9,14	5,74	5,28	14,6
	98,9	100,2	99,86	99,28	99,92	100,0

Essais pyrognostiques. Donne de l'eau dans le tube. Au chalumeau, fond facilement en un verre noir. Décomposée par l'acide chlor-

hydrique à chaud. Quelques variétés résistent à l'action de cet acide.

Diagnostic. La structure cryptocristalline des grains arrondis de glauconie est très caractéristique. Elle permet de distinguer ce minéral de la céladonite. La distinction avec le chromocre consiste dans l'absence du chrome et dans une biréfringence un peu plus faible. De plus, la glauconie donne de l'eau dans le tube.

La biréfringence et la structure oolithique de la berthiérine ne permettent pas de confondre ce minéral avec la glauconie, qui a, en outre, une composition différente et résiste à l'action des acides à 40° C. Voir page 399 pour le diagnostic différentiel de la berthiérine.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La glauconie se rencontre exclusivement dans les terrains sédimentaire d'origine marine. Elle y est toujours associée à des éléments clastiques (quartz, feldspath, etc.) dont quelques-uns (feldspaths) ont certainement fourni les éléments chimiques nécessaires à sa production.

Les explorations sous-marines du Challenger ont permis à MM. Murray et Renard (*The voyage of H.M.S.Challenger* : *Sea Deposits*, 236 et 383. 1891) de préciser les conditions de formation de la glauconie. Ces savants ont fait voir que ce minéral se forme actuellement dans les vases et dans les sables verts que l'on rencontre le long des terres au delà de la région littorale où se fait sentir l'action des vagues, du flux et du reflux, ainsi que des courants des grands fleuves. Ce minéral se produit principalement dans les fonds de 200 à 1800 mètres, bien qu'on l'ait observé aussi, mais en moindre abondance, à des profondeurs inférieures ou supérieures. Il n'a jamais été rencontré en voie de formation dans la zone littorale, pas plus que dans les grands fonds de l'océan.

On a vu plus haut que la glauconie se trouve en petits grains à structure généralement cryptocristalline ; ces grains sont distribués, suivant les gisements, dans des sables, des marnes, des calcaires ; ils y sont parfois tellement abondants que le secours du microscope est nécessaire pour prouver la non-homogénéité de ces assises spéciales (Cap de la Hève, Villers-sur-Mer, environs de Nice, etc.).

L'examen microscopique fait voir que les grains de glauconie sont souvent en relation avec des organismes ; ce minéral remplit les coquilles

de mollusques (fig. 1), de foraminifères, les spicules d'éponges, souvent postérieurement décalcifiées, etc. ; mais il n'y a pas de lien *nécessaire* entre la formation de ce minéral et l'existence de ces organismes, car on trouve souvent la glauconie entourant des grains de quartz ou de feldspath, épigénisant progressivement des feldspaths ou même formant, en petites paillettes feutrées, le ciment de grains cryptocristallins du même minéral, du quartz, des feldspaths (lits très glauconieux de Villers-sur-Mer). Enfin, M. Cayeux a constaté (*Ann. Soc. géol. Nord*, XX. 381. 1892) que dans la gaize et dans les tuffeaux du Nord de la France, la glauconie sert parfois de pigment à leur ciment de calcédoine et d'opale.

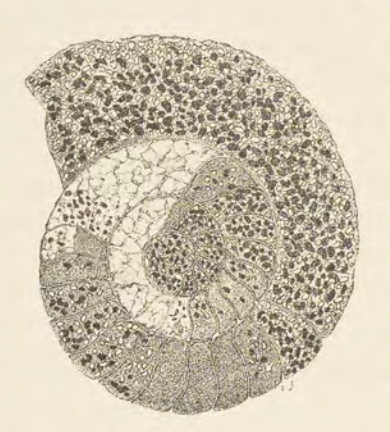


Fig. 1.
Glauconie remplissant avec calcite les loges d'une *ammonite* de l'albien de la Perte du Rhône. (Lame mince grossie 2 fois. Lumière naturelle.)

Dans les mêmes roches, M. Cayeux a remarqué (*op. cit.*) qu'il y avait une relation entre le volume des grains de glauconie et celui des éléments clastiques qui l'accompagnent. Leur diamètre varierait en même temps et dans le même sens, ce que M. Cayeux explique en admettant que la glauconie ne s'est pas, dans ce cas, formée en place; cette manière de voir permet d'expliquer la richesse en glauconie de certains niveaux.

La glauconie est souvent accompagnée de granules ou nodules phosphatés qui l'englobent; ceux-ci seront décrits à l'article *apatite* (Tome II).

La dissémination de la glauconie dans les terrains sédimentaires est très grande, mais en France je n'ai à l'étudier que dans les conditions suivantes :

1° Dans les assises crétacées ;

2° Dans les assises tertiaires.

Je ne cite que pour mémoire la glauconie qui se forme actuellement au large des côtes françaises dans les conditions spécifiées plus haut.

1° *Dans les assises crétacées.*

a) *Série infracrétacée.*

Dans la série infracrétacée, la glauconie est surtout abondante dans les étages inférieurs (notamment dans le *barrémien*) et dans le *gault* (*albien*). Dans le barrémien et le gault de la Provence, se trouvent des lits épais presque exclusivement formés par ce minéral ; ils fournissent les plus beaux échantillons de collection que j'aie eu l'occasion de voir.

Normandie. — La glauconie se rencontre au milieu des sables albiens peu développés dans les falaises normandes (marnes calcaires noires de Cauville (Calvados), du pays de Bray).

Région parisienne. — Les sables verts du gault se trouvent dans les sondages faits à Paris à la profondeur de 600 mètres. Ils sont recouverts par les argiles du gault qui constituent le niveau aquifère utilisé par les puits artésiens de Paris.

Champagne et Ardennes. — *Ardennes* et *Meuse*. Les sables verts de la base de l'albien des Ardennes et de la Meuse renferment en abondance de la glauconie (Varennes, etc.) et des nodules phosphatés (coquins) qui diffèrent par leur couleur des nodules bruns beaucoup plus abondants dans les couches argileuses qui surmontent ces sables. Ceux-ci affleurent dans la Haute-Marne, à la côte de Moëlains, près Saint-Dizier, etc.

Jura. — La glauconie existe dans les calcaires néocomiens (*hauterivien*) de Neuchâtel [*Suisse*], comme aussi dans ceux du Salève (*Haute-Savoie*) au sud-est de Genève. Elle abonde dans les grès et calcaires aptiens et surtout dans les grès albiens à phosphates de la Perte du Rhône près Bellegarde (*Ain*).

Alpes. — *Isère*. On trouve ce minéral dans les calcaires néocomiens des environs de Grenoble et particulièrement dans les calcaires compacts de Sassenage.

Basses-Alpes. Il se rencontre dans les calcaires et les grès glauconieux albiens de la Montagne de Lure, dans ceux du barrémien des environs de Castellane.

Alpes-Maritimes. Sur tout le pourtour du massif émergé de la Provence, tout l'infracrétacé, du néocomien (hauterivien) à l'albien, présente souvent le faciès glauconieux (barrémien et albien d'Eye et d'Escragnolles, etc). La glauconie y forme souvent, presque à elle seule, des bancs

d'un vert sombre. Ils se rencontrent particulièrement dans l'albien. Je citerai spécialement à cet égard : vallée de Borrigo près Menton, Braus près Nice, environs de Saint-Laurent-du-Var (ravin de l'Esteron sur le chemin de Broc à Conségudes à 10 km. du confluent de l'Esteron et du Var (Cordier-d'Orbigny, *Descr. des Roches*, 331. 1868).

b) *Série supercrétacée.*

Dans la série supercrétacée, la glauconie est particulièrement abondante dans le *cénomanien* et surtout dans celui de l'embouchure de la Seine. Le même minéral se trouve plus rarement dans les sables, les grès, les marnes du *turonien*, du *sénonien*, du *maestrichtien* et du *danien*.

Voici quelques gisements typiques :

Flandre. — *Nord*. Les poudingues cénomaniens à galets de quartz (tourtia), reposant sur les schistes paléozoïques, sont souvent riches en glauconie. La craie grise phosphatée du turonien des environs de Cambrai est glauconieuse. Le même minéral se rencontre dans le cénomanien du Hainaut [*Belgique*], etc.

Pas-de-Calais. On trouve la glauconie dans les marnes et les nodules phosphatés de Boulogne-sur-Mer, etc.

Normandie. — La glauconie est très abondante dans le cénomanien de l'embouchure de la Seine, comme élément des marnes recouvertes par la craie dure à glauconie et à silex gris (craie chloritée de Brongniart). Cette dernière renferme souvent des lits vert foncé dans lesquels à l'œil nu on ne distingue que des grains de glauconie peu cohérents entre eux. Les localités à citer sont les suivantes :

Seine-Inférieure, *Calvados* et *Oise*. Environs du Havre et surtout Cap de la Hève, Côte Sainte-Catherine près Rouen, Fécamp, le pays de Bray (*Seine-Inférieure*) jusqu'au S.-O. de Beauvais (Oise), Villers-sur-Mer (*Calvados*), etc.

Le cénomanien riche en glauconie se trouve en outre dans les régions suivantes :

Orne. Mortagne, Bellême, etc.

Champagne et **Ardennes**. — *Marne*. Aux environs de Sainte-Menehould, les sables phosphatés cénomaniens sont riches en glauconie. Le cénomanien des Ardennes renferme des marnes et des sables à glauconie.

Maine. — *Sarthe*. Lamnay, Le Mans (marnes, sables et tuffeaux).

Touraine. — *Indre-et-Loire*. Les calcaires et marnes jaunes turoniens de la Touraine sont plus ou moins riches en glauconie.

Il en est de même pour les assises qui s'observent au sud de la Loire, dans les vallées de la Vienne, de la Creuse, de l'Indre et du Cher (sables et argiles à glauconie).

Angoumois. — *Charente*. La glauconie est un des éléments constitutifs des grès cénomaniens de la Charente.

Pyrénées. — *Landes*. M. Seunes a rencontré la glauconie dans les calcaires marneux campaniens, maestrichtiens et daniens des Landes et notamment à Tercis, Saint-Pandelon, Angoumé.

Jura. — *Ain*. La craie cénomanienne à glauconie a été trouvée à Leyssard reposant sur le gault.

Alpes. — *Basses-Alpes*. La glauconie a été signalée par M. Kilian dans les grès cénomaniens de la montagne de Lure.

Drôme. M. Munier-Chalmas m'a indiqué la glauconie dans les grès turoniens de Dieulefit.

Madagascar. — M. E. Gautier m'a remis un échantillon de calcaire à glauconie (probablement cénomanien) provenant des environs d'Aborano à l'O.-N.-O. de Tulléar (S.-O. de l'île); la glauconie y est accompagnée de débris de quartz, d'orthose, etc.

2° *Dans les assises tertiaires.*

La glauconie est abondante au commencement de la période tertiaire (*éocène*) du Nord de la France et du bassin de Paris, dans le *thanétien*, l'*yprésien*, le *lutétien* inférieur et moyen. On la trouve aussi, mais plus rarement, dans le *bartonien*.

Flandre, Picardie, Normandie. — Les sables thanétiens de la base de l'éocène sont très riches en glauconie dans le Nord de la France, dans la Picardie et dans une partie de la Normandie. Ils sont parfois agrégés en tuffeaux (env. de Valenciennes, *Nord*).

Dans la Flandre française, à Cassel (*Nord*), la glauconie abonde dans les sables et les grès yprésiens à *Pinna margaritacea*, dont M. Dollfus a bien voulu me donner des échantillons; ils sont, d'après ce savant, les équivalents des sables glauconieux du mont Panisel près Mons (panisélien).

Je dois à l'obligeance de M. Dollfus des échantillons d'argile jaune verdâtre très glauconifère provenant également de Cassel et qui semble appartenir au bartonien.

Bassin de Paris. — Les sables nummulitiques du Soissonnais (yprésien) sont fréquemment très riches en glauconie, surtout à leur base et à leur sommet, par lequel ils passent insensiblement au calcaire grossier (lutétien) [Cuise-la-Mothe près Pierrefond, Pont-Saint-Maxence (*Oise*), vallée de l'Aisne (dans l'*Eure*) ; près Paris, à Valmondois, à Auvers, etc. (*Seine-et-Oise*)], etc.

Dans le calcaire grossier inférieur et moins fréquemment dans le calcaire grossier moyen (lutétien) de Paris, la glauconie est très abondante. La base de ce calcaire est notamment formée par un calcaire bréchiforme extrêmement glauconieux.

Dans le Vexin français, les calcaires lutétiens exploités comme pierre de taille à Chérence, Vallangoujard (*Seine-et-Oise*) sont aussi glauconieux.

Algérie. — *Alger*. M. Gentil m'a signalé l'abondance de la glauconie dans les calcaires et les marnes à nodules phosphatés nummulitiques de la province d'Alger et notamment à Boghari.

CÉLADONITE

Monoclinique (?) (par analogie avec les micas).

Formes. La céladonite ou terre de Vérone (*Grünerde*) constitue des masses à aspect terreux parfois lamelleuses ou fibreuses dont la cristallinité n'est visible qu'au microscope.

Clivages. Clivage lamelleux analogue à celui des micas.

Dureté. Très tendre et douce au toucher.

Densité. 2,57 à 2,63.

Coloration et éclat. Vert olive, vert céladon, vert pomme. Transparente en lames minces.

Aspect terreux, parfois éclat gras.

Propriétés optiques. Les lames ont un allongement positif. Deux axes

optiques peu écartés autour d'une bissectrice *négative* (n_p) plus ou moins perpendiculaire au clivage.

Pléochroïsme. Pléochroïsme net.

$\mathbf{n}_g$ et $\mathbf{n}_m$ = vert vif foncé ;
$\mathbf{n}_p$ = vert plus clair avec teinte jaune.

Composition chimique. La céladonite est un silicate de fer, de potassium et de magnésium renfermant jusqu'à 11 °/₀ d'eau. Les analyses varient beaucoup, ce qui tient sans doute à ce que les produits étudiés par divers auteurs n'ont pas été séparés complètement des autres minéraux secondaires qui accompagnent toujours la céladonite.

L'analyse suivante a été faite par Delesse sur la céladonite de Framont (*A. M.* IV. 351. 1853).

SiO^2..........	43,50
Al^2O^3.........	16,61
Fe^2O^3	8,88
FeO..........	11,83
MnO.........	0,80
MgO...... ..	6,66
K^2O	3,14
Na^2O.........	0,69
H^2O..........	7,15
	99,26

La céladonite des roches volcaniques est généralement plus riche en alcalis (6 à 10 °/₀) ; la proportion d'eau y dépasse souvent, en outre, 10 °/₀.

Essais pyrognostiques. Fusible au chalumeau en un verre noir. Attaquable par l'acide chlorhydrique bouillant.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La céladonite se rencontre dans les gisements suivants :

1° Dans les roches volcaniques ;

2° Dans les roches métamorphiques.

Elle y constitue toujours un produit d'altération secondaire.

1° *Dans les roches volcaniques.*

La céladonite se trouve dans les roches volcaniques basiques et particulièrement dans celles des formations anciennes (mélaphyres,

porphyrites). Elle y remplit des amygdales, tapisse des cavités ou épigénise l'augite. Elle y joue le même rôle que la delessite et ne se trouve guère que comme élément microscopique dans les gisements français (Vosges Alpes, Plateau Central, etc.).

2° *Dans les roches métamorphiques.*

Vosges. — [*Alsace*]. Delesse a fait l'analyse donnée plus haut (*A. M.* IV. 351. 1853) sur une céladonite extraite d'une roche métamorphique composée de grenat, de pyroxène, d'oligiste ; elle provient de Framont.

BRAVAISITE

$$H^8 (K^2 Mg Ca)^2 (Al Fe)^4 Si^9 O^{30}$$

Orthorhombique (?).

Formes. La structure cristalline de la bravaisite n'est visible qu'au microscope. Elle constitue une masse à apparence argileuse, gluante à la façon de la pâte de farine, quand elle est humide.

Dureté. 1 à 2 (à l'état sec). Toucher onctueux et savonneux.

Densité. 2,6. (Mallard).

Coloration et éclat. Gris verdâtre, aspect argileux. Translucide sur les bords, transparente en lames minces.

Propriétés optiques. Au microscope, on constate que le minéral est formé de fibres à extinctions longitudinales; celles-ci se groupent parfois à angles droits. Bissectrice *négative* (n_p) perpendiculaire à l'allongement des fibres (clivage ?) (Mallard).

$2\mathbf{E} = 40°$ environ.

Composition chimique. L'analyse suivante a été donné par Mallard (*B. S. M.* I. 7. 1878).

SiO^2	51,40
Al^2O^3	18,90
Fe^2O^3	4,00
K^2O	6,50
CaO	2,00
MgO	3,30
H^2O	13,30
	99,40

Mallard a considéré le fer comme une impureté due à des inclusions de pyrite et a admis la formule

$$2\,[Al^2O^3\,(K^2\,Mg\,Ca)\,O]\;9\,Si\,O^2 + 8\,H^2\,O,$$

à comparer par suite à celle que M. Haushofer a proposée pour la glauconie :

$$2\,(Fe^2O^3\;K^2O)\;9\,SiO^2 + 6\,H^2O.$$

Mallard regardait ce minéral, ainsi que la pinite et la carpholite, comme des zéolites d'un type spécial. On a vu plus haut que, dans la pinite (muscovite) et la carpholite, l'eau est basique ; il est probable qu'il en est de même pour celle de la glauconie et de la bravaisite.

Essais pyrognostiques. Dégage de l'eau dans le tube en se colorant en brun. Au chalumeau, fond facilement en un globule blanc. Se met aisément en suspension dans l'eau. Incomplètement attaquée par les acides.

Diagnostic. La bravaisite présente les caractères extérieurs des argiles ; elle s'en distingue par sa fusibilité et sa richesse en potassium, en calcium et en magnésium.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Plateau Central. — *Allier*. La bravaisite a été découverte à Noyant par Mallard (*B. S. M.* I. 5. 1878) dans les assises qui surmontent le terrain houiller. Elle y forme à elle seule une couche mince interstratifiée dans des bancs de houille, des schistes bitumineux et des calcaires siliceux.

GROUPE DE L'ANTIGORITE

(MINÉRAUX DE LA SERPENTINE)

La *serpentine* a été longtemps considérée comme une espèce minérale distincte. L'étude microscopique a montré d'une façon définitive qu'elle forme en réalité une roche, essentiellement constituée par des produits d'altération de silicates magnésiens : ces produits s'isolent fréquemment dans des fentes en prenant des formes variées qui

expliquent les noms multiples qui leur ont été donnés (*antigorite*, *baltimorite*, *bowenite*, *chrysotile*, *marmolite*, *métaxite*, *picrolite*, *rétinalite*, *schweitzerite*, *williamsite*, *xylotile*, pour ne citer que les plus répandus).

Tous les cristaux qui ont été décrits comme représentant la forme cristalline de la serpentine ont été reconnus, après examen plus approfondi, comme des pseudomorphoses de péridots.

Toutefois, M. G. Friedel, en étudiant des échantillons provenant de la mine de Tilly Foster (New-York), a fait voir récemment que le minéral à clivages cubiques décrit comme une pseudomorphose d'un minéral problématique était en réalité formé par une substance à propriétés spéciales et qu'on devait le considérer comme de la serpentine cristallisée. J'ai eu l'occasion de rencontrer le même minéral dans les Pyrénées, et son étude m'a conduit à confirmer complètement l'opinion de M. G. Friedel.

Il me paraît en outre nécessaire d'aller plus loin et de diviser nettement les minéraux de la serpentine en plusieurs types bien distincts, différant notamment les uns des autres par leurs propriétés optiques. Le premier, que je désignerai sous le nom d'*antigorite*, est caractérisé par un clivage facile perpendiculaire à la *bissectrice aiguë négative* avec angle des axes optiques variant de 0° à 110° (2 E), clivage parfois accompagné d'autres moins faciles (Voir page 420). Ce minéral se présente soit en cristaux distincts pseudocubiques (Tilly Foster, Pyrénées, etc.) soit en masses fibrolamellaires[1] allongées suivant n (fig. 1). Le second, qui est le *chrysotile*, est fibreux ou fibrolamellaire, également allongé suivant n_g, mais sa *bissectrice aiguë* est *positive* et parallèle aux fibres (fig. 2).

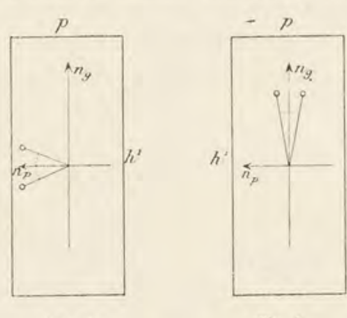


Fig. 1. Fig. 2.
Face g^1 (010) de l'antigorite (fig. 1) et du chrysotile (fig. 2) montrant la position relative de la bissectrice aiguë dans ces deux substances.

Les analyses données jusqu'ici semblent indiquer une très grande analogie, sinon une identité complète de composition, entre ces deux minéraux : dans

1. Le *picrosmine* possède une structure fibrolamellaire et des propriétés optiques semblables à celles de l'antigorite; sa composition est différente: Si O^2 55,07; Mg O 36,67; H^2O 8,26 = 100, correspondant à la formule $H^2 Mg^2 Si^2 O^7$.

l'état actuel de nos connaissances, il n'est guère possible de savoir s'il existe de petites différences de composition entre eux ou s'il faut les considérer comme deux corps dimorphes de la formule $H^4 Mg^3 Si^2 O^9$.

Ces minéraux se rencontrent souvent associés entre eux et accompagnés par des produits colloïdes ayant probablement la même composition. J'ai fait voir (*Nouv. Arch. du Muséum*, VI. 244. 1894) qu'il était possible de rattacher à l'un ou à l'autre de ces deux types les nombreuses variétés dont les noms ont été énumérés plus haut.

Quant au terme de *serpentine*, je l'emploierai exclusivement pour désigner la roche qui sera définie plus loin.

Il faut rattacher au même groupe quelques minéraux à structure mamelonnée et fibreuse, de composition certainement différente et comprenant entre autres la *deweylite* et la *nouméite* (garniérite). Leurs propriétés optiques les rapprochent du chrysotile. Ils proviennent, eux aussi, des serpentines.

ANTIGORITE

$H^4 Mg^3 Si^2 O^9$

Orthorhombique. Pseudocubique.

Formes observées. Les formes géométriques observées consistent en trois faces rectangulaires, que j'ai prises pour p (001), h^1 (100) et g^1 (010) : elles sont accompagnées très rarement à Moncaup, fréquemment à Brewster (N.-Y.), par des facettes, inclinées sur elles de 125°16′ et correspondant aux faces octaédriques du système cubique (fig. 1).

Macles. Groupements pseudocubiques complexes. Les cristaux à clivages cubiques sont formés par l'entrecroisement ou l'enchevêtrement de lamelles rectangulaires dans lesquelles les faces p (001), h^1 (100), g^1 (010) peuvent être indistinctement en contact (fig. 2 à 4). Il existe aussi des lames croisées suivant les axes binaires (fig. 5).

Faciès. J'ai pris pour type d'antigorite cristallisée le minéral de Moncaup que j'ai récemment étudié (*Nouv. Arch. du Muséum*, VI. 248. 1894) et qui offre, avec un degré de pureté plus grand, les diverses particularités décrites par M. G. Friedel (*B.S.M.*XIV. 120. 1891), dans des échantillons provenant de Brewster, dont j'ai parlé plus haut. Cette forme pseudocubique est rare : le plus souvent l'antigorite se présente

en masses lamellaires suivant la direction de son clivage plus facile (*antigorite*, *marmolite*, *bastite*), en masses fibrolamellaires (*baltimorite*).

La bastite épigénise des pyroxènes ; les autres variétés se trouvent en veines indépendantes de tout minéral ancien. On trouve aussi l'antigorite en masses à aspect compact (*williamsite*, *bowenite*) dont la structure cristalline n'est révélée que par l'étude microscopique. On verra plus loin, en outre, que la serpentine est essentiellement constituée par de l'antigorite offrant divers types de structure ; elle résulte de la pseudomorphose d'olivine ou d'autres silicates magnésiens.

Clivages. Clivages, micacé suivant h^1 (100) dans toutes les variétés, facile suivant g^1 (010) et suivant p (001) dans l'antigorite cristallisée et certaines bastites. Ces trois clivages sont rectangulaires entre eux ; il existe plus rarement des plans de séparation suivant les faces du pseudooctaèdre régulier. Quand tous ces clivages existent en même temps, ils donnent des cubooctaèdres réguliers (fig. 1).

Fig. 1.
Cubooctaèdre régulier de clivage (antigorite de Moncaup).

Dureté. 3 à 4.

Densité. 2,552 à 2,585 (antigorite de Moncaup).

Coloration et éclat. Verte de diverses nuances, blanc grisâtre, gris verdâtre, jaune de diverses nuances, rarement blanche. Translucide ou opaque ; toujours transparente en lames minces.

Éclat souvent gras, un peu vitreux sur les lames de clivage dans le type très cristallin.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010) ; bissectrice aiguë *négative* (n_p) perpendiculaire au clivage le plus facile h^1 (100) (fig. 1, page 418). Dans des lames bien pures et en apparence homogènes, j'ai mesuré, pour la lumière du sodium :

$2\mathbf{E} = 110°$ environ ;

$\mathbf{n}_m = 1{,}570$ (antigorite du val Antigorio) (Ml et Lx).

La biréfringence maximum est inférieure à 0,009.

Dans l'antigorite constituant les serpentines, les croisements de lames sont presque constants, et l'on trouve, pour l'écartement des axes optiques, des nombres extrêmement variables ; les antigorites sensiblement uniaxes sont très fréquentes.

Les propriétés de l'antigorite étant ainsi établies, il est facile d'interpréter les groupements des cristaux pseudocubiques.

Quand on brise un fragment du minéral, il se divise en petits solides rectangulaires qui, examinés au microscope, se montrent eux-mêmes constitués par des solides de même forme, régulièrement empilés les uns sur les autres à la façon des pierres d'un mur (fig. 2).

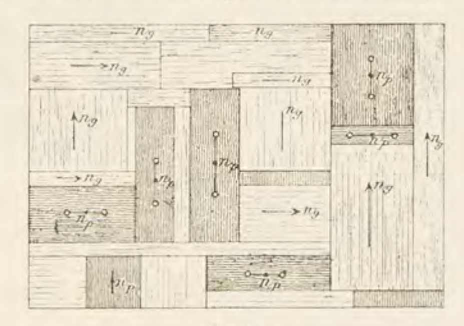


Fig. 2.
Schéma de la structure d'une lame de clivage de l'antigorite pseudocubique de Moncaup.

Dans les lames très minces, cette structure est bien mise en lumière. La fig. 3 représente l'une d'elles. Les plages perpendiculaires à h^1 (100) sont les moins éclairées entre les nicols croisés. Tout l'ensemble s'éteint quand un clivage de l'une de ces lames est mis parallèlement à l'une des sections principales des nicols. Quand il y a superposition de lamelles différemment orientées, il se produit des compensations, mais fort souvent les plages d'orientation différente sont placées bout à bout dans la lame mince et non superposées.



Fig. 3.
Lame mince de clivage de l'antigorite de Moncaup (Grossissement de 60 diamètres; lumière polarisée parallèle. Reproduction d'une photographie).

Suivant les échantillons, c'est l'une ou l'autre des orientations possibles du réseau pseudocubique qui domine, mais jamais on ne trouve un cristal de 1^{mm} de côté qui soit homogène.

On peut constater que toutes les lames ont un allongement positif.

Dans quelques échantillons, en outre de ces lames groupées suivant les axes pseudoquaternaires, il en existe d'autres qui sont parallèles

aux axes binaires et qui paraissent être analogues à celles que M. Friedel a signalées dans le minéral de Brewster; ces lames sont aussi de signe d'allongement positif (fig. 4 et 5).

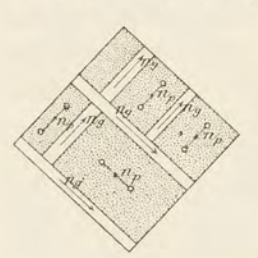


Fig. 4.
Lame de clivage d'antigorite de Moncaup. Les sections principales des nicols sont parallèles aux diagonales de la face; les bandes parallèles aux axes binaires ne sont pas visibles.



Fig. 5.
Lame de clivage d'antigorite de Moncaup. Les sections principales des nicols sont respectivement parallèles aux côtés de la face ; les bandes parallèles aux axes binaires sont seules éclairées.

On verra plus loin les divers modes de microstructure que prend l'antigorite pour former les serpentines.

Pléochroïsme. Dans les lames très épaisses, l'antigorite est colorée en vert et pléochroïque. On observe alors :

$\mathbf{n}_g$ = vert clair ;
$\mathbf{n}_m$ et $\mathbf{n}_p$ = jaune verdâtre plus ou moins pâle.

Composition chimique. La composition chimique de l'antigorite, de beaucoup de serpentines compactes et du chrysotile peut être représentée par la formule $H^4\ Mg^3\ Si^2\ O^9$, correspondant à la composition suivante :

Mg O....	44,1
Si O²	43,0
H² O.....	12,9
	100,0

Une petite quantité du magnésium est remplaeée par du fer; il existe souvent des traces de nickel. L'eau ne part guère qu'à la température du rouge sombre.

Essais pyrognostiques. Dans le tube fermé, donne de l'eau. Fond difficilement sur les bords en donnant les réactions du fer. Plus ou moins facilement attaquable par les acides chlorhydrique et sulfurique.

Diagnostic. Les propriétés optiques permettent de distinguer l'antigorite du chrysotile et des autres silicates magnésiens hydratés.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'antigorite et ses variétés, telles que je les ai définies plus haut, se rencontrent :

1° Dans les péridotites et dans leurs serpentines, en éléments macroscopiques ;

2° Dans les mêmes roches, comme élément constitutif essentiel et souvent exclusif dont la nature ne peut généralement être décelée que par l'étude microscopique ;

3° Dans diverses autres roches éruptives ou métamorphiques, comme produit d'altération du péridot, des pyroxènes, des amphiboles, de la chondrodite, etc.

1° *Dans les péridotites et dans leurs serpentines, en éléments macroscopiques.*

a) *Antigorite en veinules indépendantes.*

L'antigorite se trouve en individus *macroscopiques*, comme minéral indépendant, dans les fissures de péridotites plus ou moins complètement transformées en serpentine.

Pyrénées. — *Haute-Garonne*. C'est dans la serpentine de Moncaup et dans le premier ravin qui descend du massif lherzolitique vers le cimetière (sur la lisière du massif) que j'ai trouvé une veine de quelques décimètres de longueur, constituée par l'antigorite cristallisée décrite plus haut associée dans les mêmes échantillons à du chrysotile, de l'opale et de la giobertite. Le plus souvent l'antigorite pseudocubique ne forme que des veinules de 1 à 2 centimètres de diamètre au milieu d'une serpentine verte peu cristalline. J'ai pu cependant extraire l'an dernier un bloc d'antigorite cristallisée de la grosseur du poing (je l'ai déposé dans la collection du Muséum) ; il est imprégné de giobertite. Cet échantillon m'a permis de compléter la première description que j'ai donnée de cette substance. J'y ai notamment trouvé le clivage a^1 (111) qui n'existe pas dans les échantillons que j'avais recueillis en 1891.

A quelques centaines de mètres plus loin, sur la lisière du massif de serpentine dominant des prairies, j'ai recueilli une veine verte translucide, ayant un centimètre de diamètre et constituée par des fibres très fines enchevêtrées dont la structure rappelle celle de la *williamsite*, décrite p. 429 (fig. 8).

Plateau Central. — *Dordogne*. La serpentine de la Roche-noire près Thiviers renferme de nombreux produits fibreux qui méritent une étude spéciale. Les échantillons que j'ai examinés m'ont été communi-

qués par MM. Besnard du Temple, de Mauroi et Tardieu. Dans un même échantillon, j'ai observé de l'antigorite d'un vert foncé, translucide et lamellaire, une substance jaune lamellaire rappelant la *marmolite* d'Hoboken et constituée par des pseudomorphoses d'amphibole (?) présentant la structure fenestrée qui sera décrite plus loin, enfin une variété verte de chrysotile en fibres rigides atteignant 5 ^{cm} de longueur.

Maures. — *Var*. La serpentine de La Molle renferme des masses lamellaires vertes d'antigorite.

Nouvelle-Calédonie. — Des masses fibrolamellaires d'antigorite, atteignant 8^{cm} de longueur, se rencontrent dans les fentes des serpentines de la Nouvelle-Calédonie.

b) *Antigorite constituant des pseudomorphoses* (*bastite*).

Les pyroxènes monoclinique (diopside) et surtout orthorhombique (bronzite) des péridotites et des pyroxénolites sont très fréquemment pseudomorphisés par une variété lamellaire d'antigorite. Celle-ci se produit d'une façon régulière, gagnant de proche en proche. Elle conserve une orientation unique dans un même individu, de telle sorte qu'*à un cristal de pyroxène correspond un cristal unique du produit de transformation*. On a donné le nom de *bastite* à celui-ci, mais il ne diffère de l'antigorite par aucune propriété essentielle. Son clivage facile h^1 (100) correspond au clivage g^1 (010) du pyroxène rhombique. (Pour plus de détails, voir à *bronzite*).

L'olivine étant beaucoup plus altérable que la bronzite et surtout que le diopside et le diallage, ces derniers minéraux subsistent souvent à l'état plus ou moins intact dans des serpentines ne renfermant plus trace de péridot inattaqué.

Pyrénées. — La bastite existe dans toutes les serpentines de lherzolite des Pyrénées ; elle constitue de beaux échantillons dépassant parfois 2^{cm} dans les variétés porphyroïdes de lherzolite, qui se rencontrent surtout dans les gisements suivants :

Basses-Pyrénées. La lherzolite porphyroïde du Moun caou en Louvie Juzon renferme notamment en abondance de grands cristaux de bronzite et de pyroxène atteignant 2^{cm}; ils sont entièrement transformés en bastite verte : ces pseudomorphes sont figurées plus loin, aux altérations de la bronzite.

Haute-Garonne. La *bastite* épigénisant les grands cristaux de bronzite et de diallage de la lherzolite abonde dans le massif de Moncaup Arguénos ainsi qu'au Tuc d'Ess en Coulédoux.

Ariège. J'ai recueilli le même minéral dans les serpentines du Tuc de Coumes en Audressein et de Cescau près de Castillon, ainsi que dans celle de Serreing en Sentenac.

Plateau Central et **Vosges**. — Les cristaux macroscopiques de bastite épigénisant la bronzite et le pyroxène monoclinique sont fréquents dans les serpentines du Plateau Central et dans celles des Vosges. Aucun gisement ne se recommande par la beauté des échantillons qu'il renferme.

Corse. — Par contre, les serpentines de Corse présentent de nombreuses variétés, riches en grandes lames de bastite à éclat bronzé, épigénisant soit de la bronzite soit du diallage. A ce point de vue on peut noter surtout les serpentines de l'extrémité nord du cap Corse. M. des Cloizeaux a cité (*op. cit.*, I. 536) un échantillon de bastite de Corse, composé de plages à écartement d'axes variable dans lesquelles les traces du plan des axes de chacune d'elles font entre elles des angles de 60°.

Nouvelle-Calédonie. — Les harzburgites et les bronzitites de la Nouvelle-Calédonie présentent de nombreux échantillons de bastite généralement colorés en jaune.

2° *Comme élément microscopique constitutif des serpentines.*

La serpentine est une roche compacte à cassure conchoïdale ou esquilleuse. Elle est parfois translucide (*serpentine noble*) ; sa couleur la plus habituelle est le vert de diverses nuances (du vert noir au vert émeraude), le jaune parfois très vif et très pur (*serpentine noble*) ; le plus souvent la roche est marbrée de rouge, de noir, par suite de l'existence d'oxydes de fer. Elle est *toujours* le résultat de la transformation de roches constituées originellement par des silicates magnésiens : pyroxènes, amphiboles, mais surtout péridot (péridotites). Quand ces roches étaient à grands éléments, quelques-uns de ceux-ci ont conservé leurs formes, qu'ils soient encore intacts ou qu'ils soient transformés en bastite : la serpentine possède alors une structure porphyroïde (Pyrénées, Corse, etc.).

L'examen microscopique fait voir que la structure intime des serpentines est variable, qu'elle est fonction de la composition de la roche originelle, mais que l'élément essentiel, souvent même exclusif de ces roches, est l'*antigorite*.

Dans les serpentines des gisements français, on observe les types suivants de microstructure :

Structure maillée. Cette structure est la plus fréquente : son cachet caractéristique lui est imprimé par la façon dont se transforme le péridot. C'est elle qui domine dans les serpentines de péridotites riches en olivine (dunite, lherzolite) ; elle se rencontre donc dans tous les gisements français énumérés page 182, auxquels il faut ajouter ceux de la Nouvelle-Calédonie, fort intéressants à ce point de vue.

Quand l'olivine s'altère, elle est traversée par des fissures irrégulières quelquefois grossièrement parallèles entre elles, le plus souvent curvilignes (fig. 4, page 175). Sur les parois de ces fissures se développent des lames d'antigorite, qui peu à peu se rejoignent et gagnent de proche en proche dans l'olivine.

Une plaque de péridotite incomplètement transformée présente donc au microscope l'apparence d'un réseau de mailles, limitées par des rubans d'antigorite qui enserrent des grains intacts d'olivine. Quand la transformation est complète, ceux-ci disparaissent et sont entièrement remplacés par l'antigorite. Le plus souvent, on observe alors à leur place une sorte de petit nid formé par de l'antigorite ayant une orientation différente de celle des rubans périphériques ou occupé par une substance colloïde souvent plus ferrugineuse que l'antigorite cristallisée (fig. 6). Il se produit fréquemment aussi, dans cette partie centrale, des dépôts de minéraux ferrugineux (magnétite, oligiste), l'antigorite étant moins ferrugineuse que l'olivine aux dépens de laquelle elle se forme. En lumière

Fig. 6.

Lame mince de la serpentine de Coureuges en St-Préjet (Antigorite à structure maillée). (Lumière polarisée ; grossissement de 60 diamètres. Reproduction d'une photographie).

naturelle, on voit alors les rubans d'antigorite apparaître limpides alors que les nids sont criblés de particules opaques noires. La localisation des produits ferrugineux dans les nids n'est pas constante et on les trouve parfois également répartis dans toute la roche (cap Corse).

L'étude optique montre que les rubans d'antigorite sont d'allongement positif; ils sont parfois froissés transversalement et présentent alors un moirage ou des pseudofibres transversales souvent fort curieuses [Le Sapt (*Haute-Loire*)]. On doit les considérer comme enveloppant les petits noyaux d'olivine, de telle sorte que leur face d'aplatissement (perpendiculaire à la bissectrice aiguë négative) est accolée sur la paroi de ceux-ci. Si l'on imagine une section diamétrale d'un grain d'olivine, son enveloppe d'antigorite sera coupée perpendiculairement à son aplatissement et se présentera dans les lames minces sous forme d'un ruban qui pourra être parallèle au plan des axes ou perpendiculaire à la bissectrice obtuse. Imagine-t-on une section tangente au grain d'olivine, l'antigorite sera taillée parallèlement à sa face d'aplatissement; par suite elle sera très peu biréfringente ou même constamment éteinte entre les nicols croisés, l'écartement des axes optiques de l'antigorite étant souvent faible ou même sensiblement nul.

Cette conception de la disposition de l'antigorite autour de l'olivine qu'elle épigénise permet d'interpréter aisément les apparences souvent très complexes des serpentines maillées, qui ne pourraient être décrites sans le secours d'un grand nombre de figures.

J'ai dit plus haut que, lorsque l'on considère non plus un seul grain d'olivine, mais un cristal fendillé entier, on voit que les lames formées aux dépens de deux grains contigus se réunissent souvent. Fréquemment aussi l'intervalle de ces deux lames est rempli par des produits ferrugineux ou même par une lame d'antigorite qui n'a pas nécessairement la même orientation que les deux premières.

J'ai vérifié dans un grand nombre de gisements français (et le fait peut être généralisé) que les lames biréfringentes limitant les mailles appartiennent toujours à l'antigorite, telle qu'elle a été définie plus haut. Quand on trouve du chrysotile dans ces roches, c'est comme accident: il y forme des traînées irrégulières, dont la structure sera décrite plus loin et dont la biréfringence plus grande permet déjà la distinction aisée d'avec l'antigorite. Il y a donc lieu de modifier ce qui a été dit page 175 et d'y remplacer le mot « chrysotile » par « antigorite » dans la légende de la fig. 4.

Les plus remarquables serpentines maillées que j'aie étudiées, et dans lesquelles on peut faire toutes les vérifications optiques au sujet de la nature des éléments des mailles, sont celles des gisements suivants : Coureuges en Saint-Préjet-Armandon et Le Sapt (*Haute-Loire*), Le Goujot (*Vosges*), Chanrousse (*Isère*) (nodule dans les amphibolites), Cap Corse et notamment Monte-Marcolino (*Corse*). Dans ce dernier gisement, les lames d'antigorite sont très larges.

Je ne me suis occupé jusqu'ici que de la transformation de l'olivine; mais la bronzite et le diallage présentent consécutivement les transformations en bastite décrites page 424.

Structure fenestrée. Les amphiboles présentent aussi des transformations en antigorite ; elles sont plus rares que les précédentes, mais se rencontrent dans beaucoup de serpentines amphiboliques et particulièrement dans celles qui dérivent des picrites à hornblende. Ce mode de transformation tient le milieu entre celui de la bronzite et celui de l'olivine.

L'altération se propage le long des clivages et des cassures transversales souvent rectangulaires. L'antigorite se produit dans ces clivages ou cassures souvent fines et rectilignes et possède fréquemment la même orientation dans tout le cristal. Dans les sections perpendiculaires à l'axe vertical, les lames se coupent sous des angles de 124°, enserrant des fragments d'amphibole intacte. C'est cette structure que Weigang a décrite dans les serpentines du Rauenthal [*Alsace*] (*Tschermak Min. Mitth.* 198. 1875).

Il est facile de s'assurer de l'unité de l'orientation des filonnets d'antigorite dans une section de la zone verticale d'une pseudomorphose fenestrée, en superposant à la plage une lame de mica 1/4 d'onde : on voit alors toute l'antigorite se teinter de la même couleur, quelle que soit la direction des fissures qu'elle remplit. Les rubans d'antigorite formés dans les clivages faciles de l'amphibole ont leur allongement positif, ils ont donc leur allongement normal suivant n_g ; ceux des cassures transversales ont leur allongement négatif, leur axe vertical étant perpendiculaire aux lèvres de la fissure, tandis que dans les cassures obliques l'axe vertical est lui-même oblique aux parois de la cassure.

La structure n'est pas toujours aussi simple ; fréquemment, en effet, en plaçant le mica 1/4 d'onde comme il vient d'être indiqué, on constate qu'une partie de l'antigorite épigénisant le cristal d'amphibole

présente une orientation inverse (en réalité, il est rare que les deux orientations soient exactement à 90° l'une de l'autre), chaque ruban de l'orientation primitive étant associé à des rubans de signe contraire, au sujet de l'orientation desquels on peut faire toutes les observations consignées plus haut. Souvent, la seconde orientation ne s'observe pas au milieu des fibres verticales, mais seulement dans les îlots déterminés par le réseau anastomosé de l'antigorite présentant la première orientation. Fréquemment, entre les lames orientées suivant le premier mode, apparaît une fine lame possédant la seconde orientation. La fig. 7 représente un exemple de cette structure complexe, que j'ai observée dans la serpentine d'Arvieu (*Aveyron*). Cette structure est très nette aussi dans des masses lamellaires jaune verdâtre de la serpentine de Thiviers (*Dordogne*), etc.

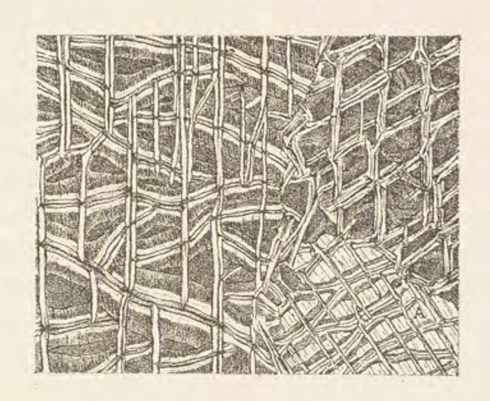


Fig. 7.
Lame mince d'une serpentine d'Arvieu montrant la *structure fenestrée* de l'antigorite (Lumière polarisée ; grossissement de 60 diamètres).

Il est facile de constater que le minéral de ces diverses associations possède les propriétés optiques de l'antigorite.

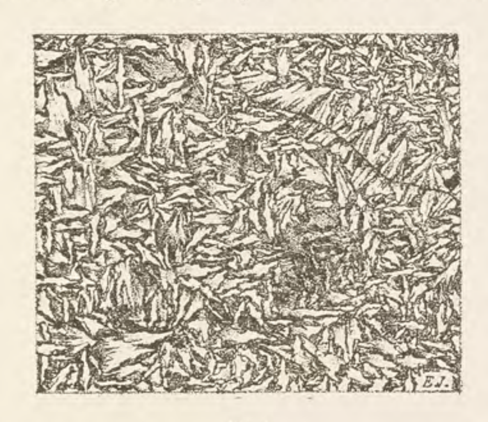


Fig. 8.
Lame mince de la serpentine de Médous, formée par de l'antigorite à structure fibreuse et enchevêtrée (*williamsite*) (Lumière polarisée ; grossissement de 60 diamètres).

Structure fibreuse et enchevêtrée. Je désigne sous ce nom la structure qui est caractéristique de la williamsite du Texas (*Pennsylvanie*). Dans les serpentines françaises, je ne l'ai observée nettement que dans les blocs jaune verdâtre englobés dans la brèche calcaire de Médous (fig. 8) près Bagnères-de-Bigorre (*Hautes-Pyrénées*) et dans des filonnets traversant la serpentine de Moncaup (*Haute-Garonne*).

L'antigorite possédant cette structure forme des éléments fibrolamellaires, tantôt disposés en traînées parallèles, tantôt disposés en gerbes ou s'enchevêtrant d'une façon quelconque. A l'œil nu, le minéral se présente sous forme d'une masse cristalline généralement verte et translucide.

Structure entrecroisée. Quelques variétés de serpentine sont formées par des lamelles d'antigorite à contours parfois rectilignes, allongées suivant leur axe vertical et entrecroisées à angle droit. Cette structure est celle que l'on observe dans la *bowenite* de Rhode-Island, dont les masses compactes blanches ont été longtemps considérées comme une variété de jade. J'ai trouvé un bel exemple de cette structure dans un échantillon de serpentine de la collection de Delesse, indiqué comme provenant de Sainte-Marie-aux-Mines [*Alsace*].

La même roche renferme des nodules constitués par de l'antigorite en lames plus grandes atteignant $0^{mm}25$ et formant des associations qui, dans les lames minces, rappellent comme disposition le quartz de certains quartzites. L'antigorite de ce gisement est à deux axes rapprochés.

Structure calcédonieuse. Dans une serpentine du cap Corse (bords du ruisseau d'Acqua Tignese, près d'Ersa) que m'a donnée M. Nentien, j'ai observé une structure curieuse dont la fig. 9 ne donne qu'une idée imparfaite. Au microscope, les plaques se montrent formées par des groupements suivant des angles variés ou par des enchevêtrements de figures plus ou moins ellipsoïdales; celles-ci sont constituées par des fibres courtes s'implantant perpendiculairement sur leur grand axe; elles rappellent la disposition des fibres de calcédoine. L'allongement de ces fibres est positif, la bissectrice aiguë est négative et perpendiculaire à une face de la zone de fibrosité ($2 E = 90°$ à $100°$), le plan des axes est parallèle à l'axe vertical. Le minéral est donc une antigorite. Ces groupements sont parfois aussi sphérolitiques.



Fig. 9.

Lame mince de serpentine des bords de l'Acqua Tignese, formée par de l'antigorite à structure calcédonieuse (Lumière polarisée; grossissement de 60 diamètres).

Cette structure n'est pas sans quelque analogie avec celle du picrolite, qui sera étudiée plus loin.

3° *Dans les roches autres que les péridotites, comme produit secondaire.*

L'antigorite épigénise les pyroxènes, les amphiboles de beaucoup de roches éruptives ou métamorphiques : il sera question de ces pseudomorphoses dans les chapitres concernant ces minéraux. Elle y présente les structures maillée, fenestrée ou fibreuse.

Ces pseudomorphoses se rencontrent notamment dans les cipolins : quand elles y possèdent la structure maillée et que le minéral originel a disparu, il n'est souvent pas possible d'arriver à savoir quel était en réalité ce dernier [Cambo (*Basses-Pyrénées*), *Madagascar*]; en effet, dans ces mêmes roches on trouve des pyroxènes, du péridot, des minéraux du groupe de la humite, etc. [Arnave, Arignac (*Ariège*)], qui tous peuvent fournir de semblables pseudomorphoses.

Toutes ces transformations en antigorite présentent à l'œil nu la même apparence d'une serpentine jaune ou verte, parfois translucide.

CHRYSOTILE

$H^4 Mg^3Si^2 O^9$

Orthorhombique.

Faciès. Le chrysotile se présente sous des formes assez variées. Le chrysotile proprement dit constitue des fibres soyeuses dont il est possible d'extraire des fils flexibles comme ceux de l'amiante.

On trouve aussi des variétés sous forme de masses fibreuses, fibrolamellaires ou columnaires rigides, ne permettant généralement pas d'obtenir des fibres très minces (picrolite, métaxite). L'examen optique montre que ces diverses formes de chrysotile ont une microstructure caractéristique, qui sera étudiée aux propriétés optiques.

Clivages. L'existence de clivages suivant un prisme de 130° a été signalée dans le chrysotile d'Amelose par M. Brauns. Je n'ai constaté que des cassures sans régularité dans les échantillons de chrysotile étudiés plus loin.

Dureté. 2 à 3.

Densité. 2,465 (chrysotile de Moncaup), 2,360 (métaxite poreuse de Moncaup), 2,52 (picrolite). La densité est très variable à cause de la texture poreuse de beaucoup de ces variétés de chrysotile.

Coloration et éclat. Le *chrysotile* proprement dit est généralement jaune d'or ou verdâtre. Il possède fréquemment un éclat soyeux et métallique. Le *picrolite* et la *métaxite* sont verts ou gris verdâtre ; leur éclat est parfois un peu gras. Ils sont souvent translucides, dans d'autres cas, ils ont un aspect terreux ; ils sont alors poreux, happent à la langue, et, quand on les immerge en petits fragments dans un liquide quelconque, ils l'absorbent en dégageant des bulles d'air et deviennent translucides.

Tous ces minéraux sont transparents en lames minces.

Propriétés optiques. La bissectrice aiguë *positive* (n_g) est parallèle à l'axe des fibres considérées macroscopiquement (fig. 2, page 418).

J'ai mesuré pour les rayons jaunes :

2 **E** =	0° à 15°	chrysotile du Goujot;
=	30°	métaxite de Moncaup ;
=	35°	chrysotile de Moncaup et de Médous.

Ces mesures ne sont qu'approximatives, la flexibilité des fibres de chrysotile rendant difficile la taille de plaques rigoureusement perpendiculaires aux fibres.

Le peu de résistance de ces minéraux ne permet pas l'appréciation exacte de l'épaisseur des plaques minces pour la comparaison avec un autre minéral. La mesure de la biréfringence n'est donc aussi qu'approximative.

$$\mathbf{n_g} - \mathbf{n_p} = 0{,}011 \text{ environ.}$$

On peut affirmer toutefois que le chrysotile est très nettement plus biréfringent que l'antigorite.

Microstructure. Le *chrysotile* proprement dit forme des fibres à structure homogène pouvant atteindre plusieurs centimètres. Dans les lames minces de serpentine, elles se présentent sous forme de rubans plus longs que larges dont les fibres sont toujours perpendiculaires aux bords. Elles sont de signe positif.

La *métaxite* examinée à l'œil nu paraît régulièrement fibreuse, bien que, dans les échantillons de Moncaup, on constate aussi une

sorte de structure zonaire irrégulière rappelant celle de la calcédoine.

Au microscope, la fibrosité apparente disparaît presque et l'on ne remarque plus que le zonage transversal constitué par une série de bandes régulièrement accolées les unes aux autres (fig. 1), mais ayant généralement subi des phénomènes de torsion des plus énergiques.

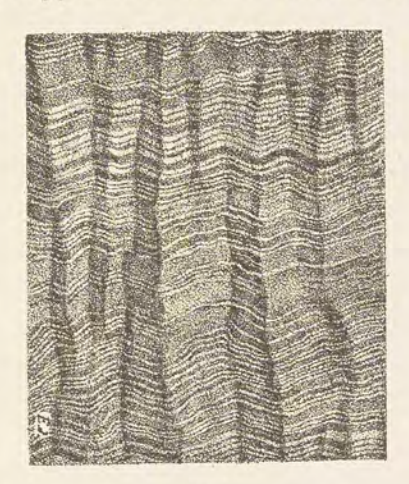


Fig. 1.
Lame mince de la métaxite de Moncaup montrant les zones d'accroissement (Lumière polarisée).

La plupart se présentent sous la forme de rubans plissés, genouillés, rappelant parfois comme disposition les macles suivant e^4 (014) des pyroxènes rhombiques. Fort souvent on observe des alternances de zones éclairées et de zones monoréfringentes ne donnant pas d'images satisfaisantes en lumière convergente.

Ces zones successives doivent être considérées comme des zones d'accroissement du minéral, postérieurement plissé par des compressions latérales.

Le picrolite possède une microstructure fort remarquable, qui a été récemment mise en lumière par M. Brauns (*N. J.*, Beil. Bd. V. 299. 1887); le minéral examiné en lames minces se montre formé de larges rubans rappelant la forme des grandes algues appelées laminaires. Leurs bords sont ondulés de loin en loin. En lumière polarisée, il n'y a pas d'extinction régulière, mais des extinctions roulantes produisant des apparences curieuses qui défient toute description et qui donnent l'impression d'une étoffe de soie froissée.

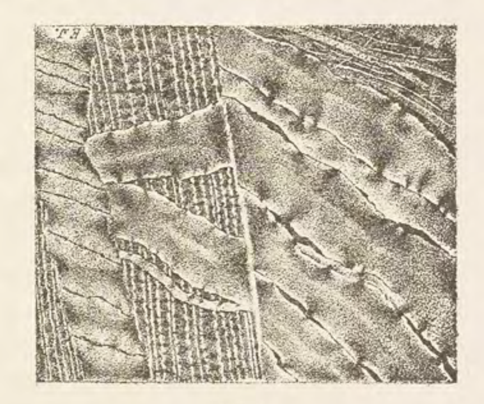


Fig. 2.
Lame mince de picrolite d'Amelose (Lumière polarisée).

La fig. 2 représente une plaque mince taillée dans un échantillon de picrolite d'Amelose que je dois à l'obligeance de M. Max Bauer.

Pléochroïsme. En lames minces, le chrysotile est incolore, mais en lames épaisses, il possède un pléochroïsme net avec :

n_g = vert ou jaune ;
n_m et n_p = jaune verdâtre ou incolore.

Composition chimique. La composition chimique paraît être la même que celle de l'antigorite (Voir page 422).

Analyse du chrysotile des Vosges par Delesse (A. M. XIV. 78. 1848).

SiO^2.....	41,58
MgO....	42,61
FeO.....	1,69
Al^2O^3...	0,42
H^2O.....	13,70
	100,00

Essais pyrognostiques. Comme pour l'antigorite.

Diagnostic. Le diagnostic différentiel de l'antigorite réside dans le signe positif de la bissectrice qui est parallèle aux fibres, l'écartement des axes optiques toujours faible et la biréfringence plus grande dans le chrysotile que dans l'antigorite.

Le chrysotile se distingue facilement par ses propriétés optiques des amphiboles fibreuses et, en particulier, de l'asbeste, dont il possède souvent la structure. De plus, il est plus léger que les amphiboles, s'attaque par les acides, ne contient pas de chaux, donne de l'eau dans le tube, etc.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le chrysotile se rencontre dans les serpentines, mais ne constitue à lui seul aucune d'entre elles : il remplit leurs fentes ou forme des traînées au milieu de l'antigorite possédant l'une des structures étudiées plus haut. Dans les cassures fraîches de la serpentine, on le voit à l'œil nu sous forme de fibres soyeuses dont le vif éclat tranche sur le fond mat et terne de la roche.

Dans les gisements étudiés plus loin, les fibres de *chrysotile* ont rarement plus de quelques millimètres de longueur.

La *métaxite*, au contraire, constitue des masses fibrolamellaires rigides de grande taille atteignant parfois un décimètre de longueur. Ses fibres ne sont généralement pas implantées perpendiculairement aux parois des fentes qu'elles remplissent, mais leur sont obliques.

L'examen microscopique montre, du reste, que très fréquemment ces fibres ont subi des déformations mécaniques.

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. M. Baret a trouvé le chrysotile dans diverses serpentines de la Loire-Inférieure et notamment dans celle de Montbert.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. Dans la serpentine du Moun caou en Louvie Juzon, le chrysotile fibreux est peu abondant et ne se trouve qu'en échantillons à fibres courtes.

Hautes-Pyrénées. Dans les blocs de lherzolite serpentinisée de la brèche calcaire exploitée dans la carrière de Médous, à 2 km. de Bagnères-de-Bigorre sur la route de Campan, M. Goguel a trouvé de très beaux échantillons de chrysotile d'un jaune d'or, parfois un peu vert. (*B. S. M.* XI. 155. 1888). Les veines de ce chrysotile sont formées de fibres longues de plusieurs centimètres. L'analyse qu'il a publiée a été faite sur une substance imparfaitement purifiée.

SiO^2	Al^2O^3	FeO	MgO	CaO	MnO	alcalis	H^2O
33,3	5,0	7,5	23,7	12,3	traces	traces	17,4

Des fragments que m'a donnés M. Goguel, lavés à l'acide chlorhydrique, puis purifiés par les liqueurs denses, ne renferment que les éléments normaux du chrysotile. J'ai donné plus haut l'écartement des axes mesurés autour de la bissectrice aiguë positive dans une plaque taillée perpendiculairement aux fibres.

Haute-Garonne. J'ai trouvé à Moncaup, en même temps que l'antigorite cristallisée, des fibres jaunes d'or de chrysotile. Les deux minéraux sont intimement accolés.

Plateau Central. — Les serpentines sont très abondantes dans l'*Aveyron*, la *Corrèze*, la *Haute-Vienne*, le *Lot*, la *Dordogne*, le *Cantal*, la *Haute-Loire* et le *Puy-de-Dôme*, etc., mais le chrysotile ne s'y présente généralement pas en beaux échantillons. Toutefois, il n'est pas rare dans la serpentine de Roche-l'Abeille (*Haute-Vienne*) et dans celle de la Roche-noire entre Jumillac-le-Grand et Thiviers (*Dordogne*)

(longues fibres vertes), bien que dans cette dernière roche ce soit l'antigorite qui se rencontre en plus grande abondance.

Vosges. — Delesse a signalé le chrysotile dans diverses serpentines des Vosges; j'en ai trouvé de très beaux échantillons dans sa collection, étiquetés Le Goujot; ils forment des veinules de 2 ^{mm} d'épaisseur, formées par des fibres dont les propriétés optiques ont été données plus haut. Aux Xettes, le même minéral en fibres vertes se rencontre avec biotite dans une serpentine très altérée.

Maures. — *Var.* Le chrysotile a été indiqué par M. des Cloizeaux comme existant dans les serpentines de La Molle près Cogolin.

Nouvelle-Calédonie. — Les serpentines de la Nouvelle-Calédonie renferment des produits fibrolamellaires passant à des variétés asbestiformes, signalées notamment par M. Liversidge à Tiebaghi (côté ouest) (*J. R. Soc. N. S. Wales* XIV. 245. 1880). D'après M. Pelatan (*Génie civil*, 1892), les minéraux fibreux sont abondants dans les fentes de toutes les serpentines de la Nouvelle-Calédonie, mais leurs fibres sont généralement courtes. Dans les échantillons que je dois à l'obligeance de M. Berlière et de M. Pelatan, j'ai observé du chrysotile en petites fibres soyeuses de quelques millimètres d'épaisseur, ainsi qu'un échantillon de métaxite d'un vert sombre présentant quelque analogie de structure avec celui de Moncaup : on a vu plus haut que l'antigorite fibrolamellaire existe aussi dans cette région.

XYLOTILE

Le nom de *xylotile* (bergholz) a été donné à une substance ligneuse, brune, plus souvent verte, ayant l'apparence d'un fragment de bois; elle est voisine du chrysotile. Bien qu'elle n'ait été observée dans aucun gisement français, je donne ici ses propriétés, afin de permettre la comparaison avec celles de la bowlingite, dont il est question page 442.

Densité. 2,4 (variété brune), 2,56 (variété verte).

Propriétés optiques. J'ai constaté (*B. S. M.* XII. 226. 1889) que les propriétés optiques étaient celles du chrysotile. Autour de la bissectrice aiguë *positive* (n_g) parallèle aux fibres, l'angle des axes est faible.

$$2\,\mathbf{E} = 20^o \text{ environ.}$$

Mais la biréfringence est plus grande que celle du chrysotile :

$$n_g - n_p = 0,026 \text{ environ.}$$

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est intense :

n_g = jaune d'or très foncé ;
n_m et n_p = jaunâtre pâle.

Composition chimique. La composition du xylotile de Sterzing est, d'après Hauer (*Ber. Akad. Wien.* XI. 388. 1853, moyenne de trois analyses, déduction faite de l'eau perdue à 100°) :

SiO^2	50,43
Fe^2O^3	18,97
FeO........	3,28
MgO	11,82
CaO.......	0,85
H^2O........	14,63
	99,98

Le xylotile doit être considéré comme un chrysotile très ferrugineux dont une partie du fer a été oxydée par actions secondaires.

Essais pyrognostiques. Comme pour le chrysotile. De plus, le minéral, traité par de l'acide chlorhydrique tiède, perd rapidement son fer et se décompose complètement en laissant un squelette de silice.

Diagnostic. Le xylotile se distingue du chrysotile par sa couleur, son pléochroïsme intense et sa biréfringence plus grande : son diagnostic d'avec la bowlingite est le même que celui du chrysotile d'avec l'antigorite.

DEWEYLITE

(GYMNITE)

$$H^{12}\ Mg^4\ Si^3\ O^{16}$$

Faciès. La *deweylite* se présente en masses translucides fissurées possédant l'aspect de la gomme (d'où le nom de *gymnite* qui lui est aussi donné).

Sa microstructure est caractéristique.

Dureté. 2 à 3,5. Fragile, cassure inégale.

Densité. 2 à 2,3.

Coloration et éclat. Blanchâtre, jaune, rougeâtre ou vert. Translucide. Éclat gras.

Propriétés optiques et microstucture. L'examen microscopique montre que le minéral possède la microstructure de la calcédoine (page 439, fig. 1), avec quelquefois une disposition sphérolitique parfaite (E. Bertrand : *B. S. M.* V. 75. 1882). L'allongement est de signe positif. Les axes sont très rapprochés autour de la bissectrice aiguë *positive*.

Le minéral se comporte donc au point de vue optique comme un chrysotile sphérolitique. La *cérolite* possède la même structure.

Composition chimique. La composition chimique paraît être $Mg^4 Si^3 O^{10}$ avec 5 ou 6 $H^2 O$. Pour la formule $H^{12} Mg^4 Si^3 O^{16}$, la composition est la suivante :

$Si O^2$........	40,2
Mg O.......	35,7
$H^2 O$........	24,1
	100,0.

Il existe un peu de Fe O remplaçant une quantité équivalente de Mg O.

Essais pyrognostiques. Donne beaucoup d'eau dans le tube ; au chalumeau, décrépite, devient opaque et fond difficilement sur les bords. Difficilement attaquable par l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. La structure calcédonieuse est distinctive des autres minéraux de ce groupe. L'allongement positif et le signe positif de la bissectrice constituent un bon diagnostic de la calcédoine. La réfringence est plus faible que celle du quartz. Les essais pyrognostiques ne permettent pas de confondre ce minéral avec les variétés de silice possédant la même structure.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. Je n'ai trouvé la deweylite qu'en petites veines microscopiques dans la serpentine du Moun caou en Louvie Juzon.

NOUMÉITE

$H^{18} (Ni, Mg)^8 Si^7 O^{31}$

Faciès. La *nouméite* se présente en masses mamelonnées ou stalactiformes, onctueuses au toucher, à éclat gras ; elle se brise souvent en petits fragments concaves ayant la forme de pétales de fleurs, qui sont

quelquefois recouverts par du quartz (Liversidge). La variété *garniérite* est de couleur plus claire; elle est terreuse, terne, âpre au toucher et happe à la langue.

Dureté. La dureté de la nouméite mamelonnée atteint 3.

Densité. 2,87 (*nouméite*, M. Damour). Certaines garniérites ont une densité de 2,27.

Coloration et éclat. Vert foncé (*nouméite*), vert plus ou moins pâle à blanc verdâtre (*garniérite*). Transparente en lames minces.

Éclat gras (*nouméite*); aspect terreux (*garniérite*), parfois brillant sur les plans de glissement.

Propriétés optiques. La nouméite est mamelonnée ou stalactiforme : elle présente exactement la même structure intime que la deweylite (E. Bertrand, *op. cit.*); elle est d'un vert vif en lames minces; l'allongement des fibres est positif, les axes optiques sont presque réunis autour de la bissectrice aiguë *positive*.



Fig. 1.
Lame mince de nouméite mamelonnée (Lumière polarisée, grossissement de 60 diamètres. Reproduction d'une photographie).

La garniérite est cryptocristalline ou amorphe.

Composition chimique. Les très nombreuses analyses publiées jusqu'à ce jour montrent des variations considérables, dues en partie, sans doute, à ce que l'on a analysé un *minerai* plutôt qu'un *minéral*. J'ai pris comme type l'analyse *b* due à M. Damour; elle a été faite sur la variété cristalline ayant des propriétés optiques bien définies. Il est probable, du reste, qu'une partie des variations mises en évidence par les analyses tient aussi à ce que dans l'espèce cristalline le rapport Ni : Mg n'est pas constant.

a) Composition théorique correspondant à la formule donnée plus haut : $H^{18} (Ni, Mg)^{8} Si^{7} O^{31}$ dans le cas où le rapport Ni : Mg = 3 : 5;

Analyses : *b*) de la nouméite de Nouvelle-Calédonie par M. Damour (*in* Dx : *B. S. M.* I. 28. 1878) ;

c) de la mine de Boa par Dann (*in* v. Rath : *Ber. niederrh. Gesell. Bonn.* 1878) ;

d) par Garnier (*C. R.* LXXXVI. 684. 1878) ;

e) par Kuepenheuer (*Ber. niederrh. Gesell. Bonn.* 1879) ;

f, g, h) par Liversidge (*Proc. roy. Soc. N. S. Wales.* XIV. 231. 1880).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*
SiO^2.....	41,8	42,61	35,45	44,40	37,78	38,35	37,49	47,90
NiO.....	22,2	21,91	45,15	38,61	33,91	32,52	29,72	24,00
MgO....	19,8	18,27	2,47	3,45	10,66	10,61	14,97	12,51
Al^2O^3...	»	»	0,50	1,68	1,57	0,55	0,11	3,00
Fe^2O^3...	»	0,89						
FeO.....	»	»	»	0,43	»	»	»	
CaO.....	»	»	»	1,07	»	»	»	traces
H^2O.....	16,2	15,40	15,55(1)	10,34	15,83	17,97(2)	17,60(3)	12,73
	100,0	99,08	99,12	99,98	99,75	100,00	99,89	100,14

M. Garnier a trouvé dans les mêmes gisements des échantillons très pauvres en nickel ou qui en sont même complètement dépourvus.

SiO^2..........	51,94	41,80
NiO..........	2,32	»
MgO.........	21,35	37,38
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	1,36	1,26
H^2O..........	23,17	20,39
	100,14	100,83

Des analyses ont été données en outre par Ulrich (*Am. J. of Sc.* XI. 235. 1876), par Typke (*Chem. News*, XXXIV. 193. 1876), Garnier (*C. R.* LXXXII. 1454. 1876 et LXXXVI. 684. 1878), G. vom Rath (*op. cit.*), Liversidge (*op. cit.*).

Essais pyrognostiques. Dans le tube, donne de l'eau et noircit. Dans l'eau, le minéral dégage quelques bulles d'air, puis se divise en fragments. Au chalumeau, se délite, puis devient vert olive sans fondre. Difficilement attaquable par les acides azotique et chlorhydrique; attaqué à 300° par l'acide sulfurique.

1. à 212° C. 4,05 % de perte, le reste au rouge.
2. à 100° C. perte de 6,44 %.
3. à 100° C. perte de 8,65 %.

Diagnostic. La couleur verte et la composition chimique de la nouméite et de la garniérite rendent la détermination de ces minéraux très facile.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La nouméite et la garniérite se rencontrent exclusivement dans les serpentines résultant de la décomposition de péridotites ; elles sont produites par la concentration du nickel, qui n'existe qu'en très petite quantité dans les minéraux constitutifs (olivine) de celles-ci.

Pyrénées. — *Haute-Garonne.* J'ai décrit (*Nouvelles Archives du Muséum*, VI. 252. 1894) la nouméite trouvée pour la première fois par M. Gourdon dans la lherzolite serpentinisée de Moncaup et d'Arguénos. Elle y forme de petits enduits mamelonnés d'un vert foncé possédant les propriétés optiques de la nouméite de la Nouvelle-Calédonie. Ce minéral est rare dans les gisements dont il est question ici.

Nouvelle-Calédonie. — Les gisements nickelifères ont été découverts en 1864 par M. Garnier et signalés par lui en en 1867 (*Géol. de la Nouvelle-Calédonie*, p. 85). Leur exploitation constitue une des richesses de notre colonie océanienne.

Le nom de *garniérite* a été donné au minéral provenant du mont d'Or par W. B. Clarke (*in* Dana : *Append.* 2. 1875. 23). M. Liversidge a proposé (*op. cit.*) les noms de *nouméite* et de *garniérite* dans le sens qui a été défini plus haut.

Ces minéraux forment des enduits ou des amas dans les fissures de la serpentine le long de vasques argileuses; ils se trouvent entre la serpentine et une argile rouge, et passent insensiblement à la serpentine; ils sont, au contraire, nettement séparés de l'argile. Les masses exploitées renferment fréquemment des fragments plus ou moins altérés de serpentine : leurs fentes sont parfois tapissées de petits cristaux de quartz.

Le plus grand nombre des gisements de nouméite et de garniérite se trouvent au N. et à l'E. de Nouméa sur une ligne de plus de 100 kilomètres allant du Mont d'Or à Nakéty (mines de Dumbéa, de la Tontouta, de la Ouenghi et surtout du district de Thio). On peut citer aussi d'après M. L. Pelatan (*Génie civil.* 1892) les mines de Ny, de

Brandy et de Port Bouquet (alignement allant de la baie de la Rencontre à Thio, sur la côte Est); celles de Canala, de Kouaoua et de Méré (alignement de Nakéty au mont Arembo), les gîtes du mont Krapet (alignement du mont Boa au mont Adio), les mines de Mouéo et de Poya (alignement du mont Poya au mont Kopeto) et enfin les mines de l'alignement du mont Koniambo au mont Katépahic. (Voy. aussi Garnier : *A. M.* XII. 1. 1867 et *Bull. Soc. Industrie minérale* XIV. 126. 1885, Heurteau (*A. M.* IX. 235. 1876).

M. Pisani a donné (*B. S. M.* XV. 48. 1892) l'analyse d'une substance trouvée avec garniérite à la mine la Doué à Quana (ou Canala ?):

SiO^2......	33,0
Fe^2O^3.....	18,5
Al^2O^3.....	1,5
NiO......	26,3
MgO.....	8,0
H^2O......	14,0
	101,3

Elle forme des masses friables jaune d'ocre, ressemblant à une limonite. Chauffée dans un creuset, elle devient rouge. Au chalumeau, elle noircit et fond difficilement en une scorie noire. Elle est facilement attaquable par les acides en laissant un résidu de silice.

Il n'est pas probable que cette substance forme une espèce distincte.

BOWLINGITE (Iddingsite ?)

Les péridots riches en fer d'un très grand nombre de roches basiques se transforment parfois en un produit d'altération différent de l'antigorite, dont les propriétés optiques étudiées sur des échantillons de divers gisements français vont être données plus loin. M. A. C. Lawson a décrit récemment sous le nom d'*iddingsite* (*Bull. of Univ. California.* I. 31. 1893) une substance qui paraît lui être analogue : elle provient de roches volcaniques de la Carmelo Bay (*Californie*). Bien qu'elle ait les formes de l'olivine, M. Lawson la considère comme d'origine primaire et par suite comme indépendante de ce minéral : d'autre part, d'après la description donnée par ce savant, il semble qu'il existe, entre quelques-unes des propriétés de son minéral et celles qui seront étu-

diées plus loin, des divergences trop grandes pour qu'il me paraisse possible aujourd'hui d'identifier les deux substances. M. Lawson a bien voulu m'envoyer un petit fragment de la roche renfermant l'iddingsite ; malheureusement, le minéral y est trop altéré pour que j'aie pu l'étudier avec fruit. Ne voulant pas créer un nom nouveau pour une substance dont je n'ai pu établir la composition chimique centésimale, je le désignerai provisoirement sous le nom de *bowlingite* proposé par M. Hannay (*Miner. Magaz.* I. 154. 1877) pour spécifier un minéral fibrolamellaire formé dans les fentes du basalte de Bowling (*Écosse*). Ce minéral paraît voisin de la saponite; il renferme les mêmes éléments que celui dont il est question dans ce paragraphe. Les propriétés optiques de la bowlingite, que j'ai étudiées autrefois (*B. S. M.* VIII. 97. 1885) contribuent encore à me faire rapprocher ces deux substances. Je ne serais pas très étonné qu'après étude plus approfondie, l'identité de l'iddingsite et de ces minéraux soit établie.

Au point de vue des propriétés optiques, la bowlingite se comporte comme une *antigorite* ferrifère, ses propriétés optiques étant à celles de l'antigorite normale ce que celles du *xylotile* sont aux propriétés optiques du *chrysotile*.

Orthorhombique (?).

Formes et faciès. La *bowlingite* n'a pas de formes propres : elle possède celles du minéral (olivine) aux dépens duquel elle s'est formée.

Clivages. Clivage lamelleux, parfois micacé, que, par analogie avec l'antigorite, j'appellerai h^1 (100) ; plus rarement clivage transversal.

Densité. La densité de la bowlingite d'Écosse est de 2,29; celle du minéral de Saint-Simon que j'ai pu isoler est de 2,3. Quand on traite par l'iodure de méthylène le basalte pulvérisé, la bowlingite se trouve parmi les produits les plus légers. Ce caractère l'éloigne de l'iddingsite, qui, d'après M. Lawson, a une densité de 2,839 ; le minéral essayé ne renfermait-il pas d'inclusions ferrugineuses ?

Coloration et éclat. Couleur verte, jaune à brun rouge, suivant l'état d'oxydation du fer. Transparente, en lames minces seulement.

Propriétés optiques. Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010); la bissectrice aiguë *négative* (n_p) est perpendiculaire au clivage facile h^1 (100). L'angle des axes optiques est toujours faible; dans la plupart des gisements, le minéral est même presque uniaxe; assez rarement (La Borie Haute), l'angle 2 E atteint 35° ou 40°.

La biréfringence maximum dépasse 0,025 dans les variétés jaune foncé; la réfringence est inférieure à celle de l'olivine et comparable à celle de l'antigorite.

Microstructure. Dans les pseudomorphoses d'olivine, la bowlingite est le plus souvent orientée sur ce minéral, un cristal unique de bowlingite se substituant à un cristal d'olivine : dans ce cas la face h^1 (100) de la bowlingite coïncide avec p (001) de l'olivine, le plan des axes optiques est par conséquent parallèle à g^1 (010) de ce minéral. La même relation a été signalée dans l'*iddingsite* par M. Lawson.

Toutefois cette disposition, qui rappelle celle dont il a été question plus haut au sujet des pseudomorphoses de pyroxènes rhombiques en bastite, souffre des exceptions : un cristal d'olivine se transforme parfois progressivement en bowlingite dont les éléments fibrolamellaires sont plus ou moins irrégulièrement orientés. Parfois (Les Fourneaux), on observe des groupements à angles droits rappelant ceux de l'antigorite à groupements pseudocubiques.

Fig. 1.
Section p (001) d'olivine, perpendiculaire à la bissectrice aiguë *positive* (partie centrale de la figure). La bowlingite qui l'épigénise est perpendiculaire à la bissectrice aiguë *négative* (partie périphérique de la figure).

La transformation de l'olivine en bowlingite est parfois accompagnée de production de magnétite, sous forme d'inclusions irrégulières.

Pléochroïsme. La bowlingite (de même que l'iddingsite) est pléochroïque : j'ai observé dans des lames minces de roches les variations de teintes suivantes :

n_g =	vert,	jaune d'or,	jaune rouge foncé;
n_m =	vert clair,	jaune clair,	jaune rouge;
n_p =	jaune verdâtre,	jaune pâle,	jaune rouge.

Le pléochroïsme est plus intense dans les variétés vertes que dans les variétés jaune foncé.

Composition chimique et essais pyrognostiques. La bowlingite d'Écosse est un silicate hydraté de fer, de magnésium et d'aluminium : les analyses sont assez discordantes, surtout en ce qui concerne la teneur en aluminium (6 à 18 °/₀ environ, d'après des analyses faites par des auteurs différents); les essais suivants ont été faits sur une petite quantité de substance que j'ai isolée du basalte de Saint-Simon (*Cantal*).

Le minéral s'attaque facilement par l'acide chlorhydrique. Les essais microchimiques ont décelé dans la liqueur d'attaque l'existence du fer

et de la magnésie et d'une petite quantité d'alumine. Le squelette de la bowlingite est formé par de la silice. D'autre part, des lamelles du minéral ont été maintenues pendant plusieurs heures à 250°, sans qu'elles aient perdu leur action sur la lumière polarisée, mais on détermine ainsi une oxydation se manifestant par une augmentation de l'intensité de la coloration brun rouge, puis le minéral devient opaque : si la température est poussée jusqu'au rouge sombre, il perd de l'eau.

Il semble d'après ces essais que le minéral étudié soit un silicate hydraté de fer, de magnésium et d'aluminium, et ainsi se trouve justifié le rapprochement fait entre ce minéral et la bowlingite d'Écosse. D'après M. Lawson, l'iddingsite serait un silicate hydraté de fer, de magnésium et de calcium.

Diagnostic. La bowlingite se distingue de l'antigorite par sa coloration, son pléochroïsme, sa biréfringence plus grande. Les échantillons macroscopiques d'Écosse sont tendres et fragiles. La richesse en fer et la présence de l'alumine constituent aussi un procédé pratique de distinction.

Il y a un autre minéral qui doit être distingué de la bowlingite oxydée jaune rougeâtre. Les péridots d'un très grand nombre de basaltes, et en particulier de ceux d'Auvergne, sont transformés en une substance brun rouge qui est représentée par la fig. 3 de la page 174. M. Michel Lévy a décrit en détail ses propriétés optiques (*B. S. G.* XVIII. 831. 1890) et montré qu'elles différaient de celles de tous les minéraux connus et en particulier de celles de la göthite ; mais les propriétés optiques de la göthite sont différentes de celles données par Palla : la bissectrice aiguë perpendiculaire au clivage g^1 (010) est, non pas *positive*, mais *négative*. L'identité du minéral d'altération de l'olivine et de la göthite est dès lors évidente. La bowlingite se distingue aisément de la göthite, dont elle possède parfois la couleur, grâce à sa réfringence plus faible que celle de l'olivine, alors que la réfringence de la göthite est supérieure à celle de ce minéral. De plus, la göthite se dissout à froid dans l'acide chlorhydrique beaucoup plus vite que la bowlingite et assez rapidement pour que l'olivine imparfaitement transformée ne soit pas attaquée sensiblement.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Je n'ai observé la bowlingite que dans les roches basiques feldspathiques. Dans les roches françaises, elle y est toujours le résultat de l'altération sur place de l'olivine ferrifère.

a) *Dans les diabases et gabbros à olivine.*

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* Le gabbro à olivine du Pallet, situé à la limite de la Loire-Inférieure et de la Vendée, présente parfois des produits d'altération en bowlingite verte ou jaune, que, dans un travail antérieur (*B. S. M.* XII. 242. 1889), je n'avais pas distingués du xylotile.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées* et *Ariège.* L'olivine des ophites basiques du col de Lurdé (*Basses-Pyrénées*), de Serreing en Sentenac et d'Aleu (*Ariège*) est également pseudomorphisée en bowlingite d'un beau jaune d'or à structure fibrolamellaire irrégulière.

b) *Dans les basaltes.*

Plateau Central. — La bowlingite d'Auvergne est le plus souvent de couleur foncée, d'un jaune plus ou moins rouge en lames minces ; elle se transforme parfois en limonite ou en göthite gagnant par la périphérie ou disposée d'une façon régulière parallèlement au clivage h^1 (100) de l'olivine (fig. 1). Les deux gisements qui m'ont fourni les plus beaux échantillons de ce minéral sont les coulées de basalte miocène de la vallée de la Jordane [Limagne près La Borie-Haute et route de Saint-Simon au plateau de Saint-Jean de Doune (*Cantal*)] : la bowlingite y est micacée. Le basalte (mélaphyre) des Fourneaux près Aubusson (*Creuse*) renferme une bowlingite verte, offrant quelquefois des groupements pseudocubiques ou une structure fibrolamellaire irrégulière.

THERMOPHYLLITE

Le nom de *thermophyllite* a été donné par A. E. Nordenskiöld (*Beskrifning öfver de i Finland funna Mineralier.* 1855. 160) à un minéral d'Hopansuo près Pitkäranda (*Finlande*) dont les propriétés sont exposées plus loin et qui a été considéré jusqu'à présent comme une variété de *serpentine.* Sa biréfringence l'éloigne nettement de l'antigorite et du chrysotile, sa faible teneur en fer ne permettant de le comparer ni au xylotile ni à la bowlingite. Sa biréfringence le rapproche, au contraire, des micas et du talc, dont il possède la structure micacée. Ses propriétés pyrognostiques sont très voisines de celles des *vermiculites.*

La composition chimique donnée plus loin ne permet d'en faire cependant ni un mica altéré (*vermiculite*) (trop de magnésie et pas assez d'alumine), ni une variété de talc. Si l'analyse citée se rapporte au minéral lamelleux purifié, il y a lieu d'en faire une espèce distincte.

Clivages. Clivage micacé donnant des lames flexibles, non élastiques.

Dureté. 2,5.

Densité. 2,592 à 2,61 (thermophyllite de Finlande), 2,49 (t. probablement impure de La Molle).

Coloration et éclat. Blanc d'argent, jaunâtre, brun jaunâtre, jaune verdâtre. Translucide, transparente en lames minces.

Éclat nacré sur les lames de clivage.

Propriétés optiques. Bissectrice aiguë *négative* (n_p) normale au clivage :

$$2\,\mathbf{E} = 22^\circ\ 20' \text{ (Miller) (Hopansuo) ;}$$
$$20^\circ \text{ (La Molle).}$$

La biréfringence, que je n'ai pu mesurer avec précision faute d'échantillons convenables paraît voisine de 0,03.

Composition chimique. L'analyse suivante a été faite par Northcote (*Phil. Magaz.* XVI. 263.1858) sur la thermophyllite d'Hopansuo.

SiO^2	41,48
Al^2O^3	5,49
FeO	1,59
MgO	37,42
Na^2O	2,84
H^2O	10,88
	99,70

Essais pyrognostiques. Dans le tube, donne de l'eau. Au chalumeau, s'exfolie et gonfle à la façon des vermiculites. Fond difficilement sur les bords en un verre plus ou moins coloré, noir et magnétique pour le minéral de La Molle. Difficilement attaquable par l'acide sulfurique.

Diagnostic. La thermophyllite se distingue de l'antigorite lamellaire par sa biréfringence plus forte, du talc par sa teneur en alumine et en alcalis, des vermiculites par sa résistance à l'action de l'acide chlorhydrique et, comme il a été dit plus haut, par sa pauvreté en alumine et sa trop grande richesse en magnésie.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La thermophyllite des gisements français se trouve exclusivement dans des serpentines; elle paraît y être d'origine secondaire.

Maures. — *Var*. M. des Cloizeaux a rapproché de la *thermophyllite* de Finlande un minéral micacé d'un vert jaunâtre qu'il a trouvé dans la serpentine de La Molle près Cogolin. Il y forme des nodules à structure rayonnée, constitués par des lames allongées. Il se présente dans les sections minces sous forme de grandes lames froissées, englobant des grains de péridot transformé en serpentine maillée. Dans la roche elle-même, des grains semblables sont entremêlés de fibres rappelant celles de la williamsite.

Plateau-Central. — *Puy-de-Dôme*. M. Gonnard m'a communiqué des échantillons qu'il a recueillis à Dore-l'Eglise ; ils présentent une analogie frappante avec ceux de La Molle. Au microscope, on constate que dans une serpentine maillée sont distribués de grands cristaux prismatiques serpentinisés dans lesquels est concentré le produit micacé à peine teinté de jaune. Le minéral primordial parait être un pyroxène, car à l'œil nu on constate que les lames de mica se divisent en petits parallélipèdes dont les faces font entre elles des angles voisins de 90°. Il est donc probable que le minéral micacé s'est propagé dans les clivages du pyroxène. Cette serpentine renferme aussi du clinochlore.

TALC

$H^2 Mg^3 Si^4 O^{12}$

Orthorhombique ou monoclinique (par analogie avec les micas).

Formes observées : *p* (001), *m* (110), g^1 (010).

$m\, m = 120°$.

Macles. Dans les tufs basaltiques de Beaulieu se rencontrent des veinules de talc présentant des groupements pseudocubiques analogues à ceux de l'antigorite de Moncaup.

Faciès des cristaux. Le talc se trouve, bien que rarement, en cristaux nets qui ont la forme de lames rhombiques ou hexagonales avec des angles de 120° et 60° ; ces lames se groupent en rosettes ou en sphérolites.

Le talc forme le plus souvent des masses plus ou moins compactes,

véritables roches schisteuses, désignées sous le nom de *stéatite*, elles renferment souvent d'autres minéraux tels que la trémolite ou la chlorite.

Le nom de *pierre ollaire* a été notamment donné à une stéatite riche en chlorite.

Clivages. Clivage p (001) parfait donnant des lames minces, flexibles, mais non élastiques. Figures de choc semblables à celles des micas.

Dureté. 1 à 1,5. Sectile. Toucher gras.

Densité. 2,7 à 2,8; 2.773 (Beaulieu), 2,778 (Trimounts en Lordat).

Coloration et éclat. Blanc, blanc verdâtre, vert, gris noirâtre ou rougeâtre par altération. Poussière blanche et, dans les variétés colorées, de teinte plus claire que celle du minéral en masse. Transparent ou translucide.

Éclat nacré, surtout sur les surfaces de clivage.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë négative, normale ou presque normale à p (001).

$$2\,\mathbf{E} = 15^\circ \text{ à } 20^\circ.$$
$$\mathbf{n_g} - \mathbf{n_p} = 0,035 \text{ à } 0,05 \;;$$
$$= 0,038 \text{ à } 0,043. \text{ Saint-Honoré (M.L.).}$$

Composition chimique.

a) Composition correspondant à la formule $H^2\,Mg^3\,Si^4\,O^{12}$;

Analyses : *b*) de la stéatite du Canigou, par Lychnell (*Akad. Handl. Stockholm.* 99. 1834);

c) du talc en pseudomorphose de trémolite d'Ambohimanga-Atsimo (*Madagascar*), par M. Jannettaz (*B. S. M.* XIV. 67. 1891);

d) du talc impur de l'euphotide d'Odern, par Delesse (*A. M.* XVI. 332. 1849);

e) du talc de Chamonix, par Marignac (*Bibl. Univ. Genève*, XLIX. 139. 1844);

f) du talc du Petit Saint-Bernard, par Berthier (*A. M.* VI. 451. 1821).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
SiO^2.....	63,5	66,70	62,30	59,61	62,58	59,2
MgO....	31,7	30,23	29,40	28,41	35,40	33,2
Al^2O^3....	»	»	»	0,81	»	»
FeO.....	»	2,41	2,60	3,95	1,98	4,6
MnO....	»	»	»	0,56	»	»
CaO.....	»	»	»	2,88	»	»
H O.....	4,8	»	5,20	3,78	0,04	3,5
	100,0	99,34	99,50	100,00	100,00	99,5

Essais pyrognostiques. Dans le tube, donne généralement de l'eau, mais seulement à haute température. Au chalumeau, blanchit et fond difficilement sur les bords en un émail blanc. Inattaquable par les acides.

Diagnostic. Le talc se distingue des *micas* blancs par le défaut d'élasticité de ses lames, sa faible dureté, le petit écartement de ses axes optiques, l'absence d'alcalis et d'alumine, etc. Le faible écartement des axes optiques constitue aussi un bon caractère différentiel de la *pyrophyllite*, dont le talc possède la biréfringence élevée. Les réactions microchimiques permettent aisément de le distinguer de ces deux groupes de minéraux.

Le signe optique et la résistance à l'action des acides sont de bons caractères différentiels d'avec la *brucite*. La densité plus forte permet aussi de distinguer rapidement le talc compact des *serpentines*.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS.

Le talc se rencontre essentiellement dans les schistes cristallins et les roches paléozoïques métamorphisées. Il y entre comme élément constitutif formant parfois à lui seul des roches; il y est souvent lui-même le résultat de la transformation de minéraux plus anciens. Les beaux échantillons lamellaires de talc sont généralement formés par des concentrations secondaires produites dans les cavités ou les fentes de roches. On le trouve aussi dans des roches éruptives comme produit secondaire.

1° *Dans les roches schisteuses (schistes cristallins et paléozoïques)*.

Les travaux les plus récents ont beaucoup réduit le nombre des gisements des schistes talqueux, talcites, talcschistes, signalés par les anciens auteurs : un grand nombre des roches qui étaient désignées autrefois sous ces noms sont, en réalité, des schistes à mica blanc (séricite).

Je me contenterai de citer ici quelques gisements particulièrement intéressants au point de vue minéralogique.

Pyrénées. — *Ariège*. Dans le massif du pic Saint-Barthélemy (sur le flanc sud du pic de Soularac, au col de Trimounts, 1800 m. d'altitude), on exploite activement des bancs de talc blanc (stéatite), intercalés entre la partie supérieure des schistes cristallins et les calcaires

paléozoïques (silurien). Ce talc blanc schisteux est traversé par des filons de granulite à tourmaline. Il ne présente pas de formes distinctes, il est finement compact et schisteux; çà et là on trouve, mais rarement, des nodules à grandes lames de talc d'un blanc mat. Les cristaux cubiques de pyrite ne sont pas rares dans le talc schisteux. Sur le versant Est du col de Trimounts, cette même couche se continue et a été exploitée à mi-chemin de Montségur; sur le versant ouest on l'a exploitée à Pitourless en Lordat.

Le talc se rencontre aussi dans les calcaires siluriens recouvrant la masse principale, mais il ne peut y être exploité, les lits n'ayant que quelques centimètres d'épaisseur au maximum et le minéral y étant très impur, gris jaunâtre; il renferme en abondance des cristaux de pyrite qui, à l'inverse de ceux du talc blanc, sont toujours transformés en limonite et présentent l'octaèdre dominant avec quelquefois de petites facettes p (001), $\frac{1}{2}$ b^2 (210) et des particularités intéressantes pour lesquelles je renvoie à l'article *pyrite* (Tome II). J'ai pu étudier en détail ce gisement de haute montagne, grâce aux facilités qui m'ont été données par M. Goubaud, qui dirige l'exploitation de Trimounts.

A Pitourless, des calcaires paléozoïques sont traversés par des filons de quartz qui développent, à leur contact, de la trémolite (voir cet article). Ce minéral présente des pseudomorphoses fréquentes en talc, et, à quelque distance de celles-ci, des cavités du calcaire ont été remplies par de grandes lames transparentes ou translucides de talc blanc, ayant environ 1^{cm} de diamètre et contenant parfois des aiguilles translucides de trémolite grise. Ce gisement m'a fourni de très beaux échantillons de collection.

M. Nentien m'a signalé des gisements de talc autrefois exploités dans les schistes paléozoïques de la haute vallée d'Ustou. Les échantillons que j'ai eus entre les mains sont du même type que le talc exploité à Trimounts.

Près de Quérigut, dans les roches paléozoïques métamorphisées par le granite, des couches de stéatite ont été trouvées près de l'étang de Rabassoles et ont fait l'objet d'un commencement d'exploitation. La stéatite que l'on y rencontre est identique à celle de Trimounts, mais paraît moins pure.

Pyrénées-Orientales. Le talc (stéatite) est exploité dans deux gisements au lieu dit le Caillou en Mosset près de Villefranche et au mas d'En

Guich (en Reynès). D'après des renseignements que je dois à M. Verlant, à Mosset, le talc est interstratifié dans les schistes anciens au voisinage des roches granitiques : il présente des variétés vertes translucides, d'autres grises et enfin des types bleuâtres très impurs. Des nodules de calcaire et de beaux cristaux de quartz se trouvent dans ce gisement au milieu du talc. En Reynès, le talc forme des lentilles dans des calcaires paléozoïques ; il est accompagné de quartz et de calcaire. Des variétés verdâtres translucides et gris noirâtre sont exploitées, moulues et livrées à l'industrie. Le talc blanc, réduit en poudre impalpable, est souvent utilisé dans l'industrie savonnière ; les variétés moins pures, mélangées de 10 °/₀ de sulfate de cuivre, servent à combattre les maladies cryptogamiques de la vigne.

L'analyse (*b*) publiée par Lychnell sur un talc du Canigou provient probablement de l'un de ces deux gisements.

Alpes. — *Massif du mont Blanc. Haute-Savoie.* Marignac a analysé un talc blanc verdâtre en grandes lames rappelant celui du Zillerthal et indiqué comme provenant de la vallée de Chamonix sans autre indication de gisement (analyse *e*). Ce talc a été sans doute recueilli dans les schistes cristallins du massif du mont Blanc.

Savoie. Le talc existe, d'après M. Offret, dans les schistes amphiboliques au-dessus du Tepey et au roc de Fremezan (au-dessus de Combe-Rousse près Saint-Colombin du Villards), à Grivoley entre Saint-Léger et Saint-Remy, au-dessus de l'église de Saint-Pierre de Belleville, au-dessus d'Argentine.

Isère. Le talc écailleux accompagne l'actinote dans les nodules qui se rencontrent près du Bourg d'Oisans au milieu des schistes cristallins.

Hautes-Alpes. Depuis le siècle dernier, on connaît dans le commerce sous le nom de « craie de Briançon » une stéatite d'un beau blanc de lait, verdâtre ou noirâtre à éclat nacré, citée par tous les anciens auteurs (*creta Briançonia albescens, viridis ; talcum nigrescens Briançonium* de Wallerius. Voir aussi *Minéral. de Valmont de Bomare*, I. 191. 1774) et sur le gisement de laquelle je n'ai pu recueillir aucun renseignement précis; il est probable toutefois que ce talc provient des schistes lustrés du Briançonnais. Lemery (*Dict. univ. des drogues simples*, édit. de 1760, 750), le signale dans des carrières près de Briançon. Il a été indiqué au hameau de Brailly dans la vallée de Saint-Martin.

Mais beaucoup des échantillons donnés comme craie de Briançon proviennent, en réalité, du versant italien, et d'assez loin de la frontière, de la Montagne Rousse près Fenestrelles, de Prales, etc. [*Piémont*] (Bonvoisin, *J. M.* LXI. 25. 1801).

Dans cette variété de talc, on trouve parfois des pseudomorphes de trémolite et même des aiguilles intactes de ce minéral.

Maures. — *Var*. A La Molle près Cogolin (des Cloizeaux, *op. cit.*, I. 99.) et à La Verne se rencontrent, dans les micaschistes, des lentilles d'amphibole plus ou moins transformées en talc. Les pseudomorphoses de La Verne, dont j'ai pu étudier de nombreux échantillons, grâce à l'obligeance du frère Euthyme, sont d'un gris verdâtre à éclat nacré. Il est presque toujours possible de trouver tous les intermédiaires entre le minéral intact et le produit de sa transformation totale. La structure du minéral originel n'est pas altérée. Des échantillons analogues ont été recueillis par M. Nentien au hameau de La Moure en La Garde Frenet.

Ce talc se présente en aiguilles enchevêtrées ayant de 3 à 4^{mm} de longueur. Il se trouve souvent dans les collections sous la dénomination inexacte de *sillimanite des Maures*.

Corse. — Du talc en lames crêtées d'un bleu verdâtre à éclat bronzé est cité par Brongniart (*Minéralogie* I. 1807. 504.) comme se trouvant sur une roche de trémolite provenant de Corse sans indication plus précise de gisement.

Madagascar. — M. Catat a rapporté de Madagascar d'intéressants blocs de talc fibreux résultant de la transformation de la trémolite ; ce talc a été analysé par M. Jannettaz (analyse *c*) ; il provient d'Ambohimanga-Atsimo (pays des Tanala soumis). Dans le même gisement se trouvent des masses de talc en grandes lames de plusieurs centimètres de diamètre. Tous ces échantillons paraissent provenir de cipolins intercalés dans les gneiss.

Le talc semble, du reste, être abondant dans les cipolins de Madagascar ; il se trouve notamment dans ceux des environs de Tananarive.

Nouvelle-Calédonie. — Le talc en lames d'un blanc verdâtre se rencontre dans les schistes amphiboliques de la pointe nord de l'île (mine de Balade).

2° *Comme produit secondaire dans les roches éruptives.*

Le talc se rencontre en faible abondance comme produit secondaire dans un grand nombre de roches éruptives et notamment dans les roches basiques. Il s'y forme aux dépens des silicates magnésiens.

Aucun gisement ne mérite de mention bien spéciale à ce point de vue, sauf cependant ceux qui suivent.

Je rappellerai que pendant de longues années la biotite chloritisée de la protogine du massif du mont Blanc a été regardée comme du talc; il en a été de même des micas de diverses roches d'autres régions, micas qui, par altération, ont perdu leur flexibilité primordiale et ont pris un *toucher gras* analogue à celui du talc.

Plateau-Central. — *Aveyron*. M. Gaubert a recueilli récemment à Arvieu des échantillons de *norite* entièrement formés par de l'hypersthène parfois transformé en talc fibrolamellaire qui a conservé la forme et les inclusions violacées titanifères du pyroxène rhombique.

Vosges. — [*Alsace*]. Delesse a trouvé, dans le gabbro d'Odern, des lames blanc verdâtre atteignant 1^{cm} et se groupant en masses rayonnées analogues à celles de la pyrophyllite (analyse *c*).

Provence. — *Bouches-du-Rhône*. Je dois à l'obligeance de M. Collot de petites veinules vertes à apparence serpentineuse, formées parfois par des lames à groupements pseudocubiques, dont il a été question plus haut. Leur densité permet aisément de les distinguer de la serpentine. Elles proviennent de tufs basaltiques.

MAGNÉSITE

$H^8 Mg^2 Si^3 O^{12}$

Monoclinique (?) (par analogie avec les micas).

Formes observées. La *magnésite* ou *sépiolite*, bien que toujours cristallisée, ne se présente jamais en cristaux géométriquement distincts. Elle constitue parfois des masses à apparence terreuse ou compacte (*écume de mer*) ou des masses feuilletées. Le minéral possède souvent

une structure poreuse, grâce à laquelle il happe à la langue ; il absorbe les liquides pour devenir transparent ou translucide. Il absorbe aussi les corps gras ; cette dernière propriété est utilisée pour le nettoyage des étoffes (*terre à détacher de Sommières*).

L'examen microscopique montre que la magnésite est formée de lamelles cristallines, qui dans les variétés schisteuses s'orientent suivant des plans parallèles. Dans quelques variétés fréquentes dans le bassin de Paris, la cristallinité est visible à l'œil nu. L'une d'elles, trouvée à Paris même par M. Munier-Chalmas, est constituée parfois par des paillettes atteignant plusieurs millimètres.

Clivages. Clivage micacé suivant p (001) ; plans de séparation perpendiculaires paraissant être l'équivalent des plans de séparation g^1(010) des micas. Les plages homogènes que m'a remises M. Munier-Chalmas sont trop petites pour que j'aie pu arriver à y obtenir des figures de pression distinctes. Elles sont flexibles.

Dureté. 2 à 2,5. Rayée par l'ongle. L'écume de mer s'aplatit sous la pression du pilon ; après imbibition dans un liquide, elle se pulvérise aisément. Quelques variétés ont un toucher savonneux (*pierre de savon*).

Densité. 2. Les masses compactes désignées sous le nom d'*écume de mer* flottent sur l'eau grâce à leur structure poreuse.

Coloration et éclat. Blanche, blanc rosé ou jaune verdâtre, rose carmin (*quincyte*). Opaque, rarement translucide, plus rarement encore transparente (Paris), dans les échantillons macroscopiques ; toujours transparente en lames minces, surtout après immersion dans un liquide.

Éclat terreux, parfois éclat gras.

Inclusions. La magnésite est souvent loin d'être homogène ; elle présente de fréquentes inclusions de carbonates rhomboédriques : c'est ce qui a lieu notamment pour l'écume de mer. Dans les échantillons des environs de Paris on trouve de la calcite et des produits siliceux, sous forme de graines de charas et de petits mollusques (hydrobies, etc.).



Fig. 1.
Lame de clivage de la magnésite de Paris (quartier de l'Étoile).

Propriétés optiques. La bissectrice aiguë *négative* est perpendiculaire ou presque perpendiculaire à l'aplatissement des lamelles. L'écartement des axes est variable, grâce à des superpositions de lames minces qui conduisent à des figures uniaxes.

Dans les beaux échantillons du quartier de l'Étoile à Paris, d'où j'ai extrait des lames relativement homogènes, l'angle suivant a été mesuré pour la lumière du sodium :

$$2\,\mathbf{E} = 112^\circ, \text{ d'où } 2\,\mathbf{V} = 74^\circ \text{ environ}$$

L'indice maximum est plus grand, l'indice moyen est plus petit que celui du baume de Canada (1,549).

Le plan des axes optiques est parallèle au plan de séparation suivant g^1 (010) (fig. 1).

Dans la magnésite schisteuse, les lamelles sont distribuées suivant des plans parallèles, mais elles sont généralement enchevêtrées (fig. 2). Dans les variétés compactes (*écume de mer*), la structure cristalline n'est pas distincte à l'œil nu ; au microscope, on constate que les plages sont distribuées dans une direction quelconque et souvent nuageuses. La magnésite en filonnets dans la serpentine présente les mêmes lamelles enchevêtrées dont les sections transversales ont la forme de petites aiguilles à allongement positif.

Fig. 2.
Lame mince de la magnésite de Chennevières (Lumière polarisée, grossissement de 60 diamètres. Reproduction d'une photographie).

Je dois à M. Petit de très bonnes lames minces d'écume de mer qu'il a faites au microtome avec les procédés modernes de l'histologie après inclusion dans la celluloïdine.

Pléochroïsme. La magnésite du quartier de l'Étoile (Paris), en lames épaisses, est colorée en jaune ; elle est très pléochroïque, avec

$\mathbf{n}_g$ et $\mathbf{n}_m$ = jaune d'or ;
$\mathbf{n}_p$ = jaune très pâle ou incolore.

Composition chimique. La plupart des auteurs admettent pour formule de la magnésite $H^4\,Mg^2\,Si^3\,O^{10}$, et, en effet, les analyses de quelques

écumes de mer concordent bien avec la composition théorique *a*). Toutefois, il ne me semble guère possible de considérer les *magnésites parisiennes*, contenant plus de 19 °/₀ d'eau, comme représentées par la formule $H^4 Mg^2 Si^3 O^{10} + 2 H^2 O$. De nombreux essais, effectués sur des échantillons frais et sur d'autres renfermés dans la collection du Muséum depuis de longues années (échantillons étudiés par Berthier et par Dufrénoy, *op. cit.*), montrent que ces minéraux, après avoir été maintenus pendant plusieurs jours à 250° C., retiennent jusqu'à 19,5 °/₀ d'eau (quartier de l'Étoile), qui ne part qu'au rouge, lorsque le minéral se décompose en perdant son action sur la lumière polarisée. La totalité de l'eau des analyses données plus loin doit donc être considérée comme basique, et dans cette hypothèse la formule du minéral est plus rapprochée de $H^8 Mg^2 Si^3 O^{12}$ (*a'*) que de $H^6 Mg^2 Si^3 O^{11}$ (*a''*).

Une petite quantité de magnésium peut être remplacée par du fer.

Analyses de la magnésite : *b*) de Coulommiers, par Berthier (*A. M.* VII. 313. 1830);

c) de Chennevières près Champigny, par Dufrénoy (*A. M.* X. 393. 1842);

d) de Quincy (*quincyte*), par Berthier (*A. M.* X. 273. 1825);

e) de Salinelle (*terre de Sommières*), par Berthier (*A. M.*, *op. cit.*);

f) d'un bloc[1] trouvé dans les sables d'alluvion de la plaine d'Ablon (*Seine-et-Oise*), par M. Damour (*B. S. M.* VII. 66. 1884);

g) de la magnésite (*pierre de savon*) de Fez [*Maroc*], par M. Damour (*A. P. C.* VIII. 1843).

	a)	*a'*)	*a''*)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)	*f*)	*g*)	
SiO^2.....	60,8	54,2	57,3	54,0	54,16	54	51,0	61,20	55,00	
MgO	27,1	24,1	25,5	24,0	23,66	19	19,8	18,70	28,00	
FeO.....	»	»	»	»	»	8	»	0,80	1,40	Fe^2O^3
MnO	»	»	»	»	»	»	»	0,30	0,52	K^2O
CaO.....	»	»	»	»	»	»	»	»	1,01	
Al^2O^3....	»	»	»	1,4	»	»	4,4	»	1,20	
H^2O.....	12,1	21,7	17,2	20,0	19,21	17	22,0	18,60	10,35	
Sable	»	»	»	»	1,33	»	2,8	»	1,06	
	100,0	100,0	100,0	99,4	99,06	98	100,0	99,60	98,98	

1. Cette magnésite contient de la ménilite qui a la composition suivante : SiO^2, 83,08; MgO, 6,73; FeO, 1,00; H^2O, 9,20 = 100,00. Dans la note précitée, M. Damour a donné l'analyse de l'écume de mer d'Anatolie, pour laquelle il a trouvé : SiO^2, 52, 45; MgO, 23,35; Al^2O^3, 0,80; H^2, O 23,50 = 100,00.

La magnésite du quartier de l'Étoile est un peu ferrifère. Celle du Maroc est mélangée à une petite quantité de sulfate de potassium et de magnésium.

Essais pyrognostiques. Dans le tube, laisse échapper de l'eau hygroscopique. Ne perd son eau qu'à la température du rouge, en se transformant en une masse blanche dure qui raye le verre. Au chalumeau, la plupart des variétés noircissent tout d'abord, puis blanchissent et ne fondent que difficilement sur les bords. Avec la solution de cobalt, donne une couleur rose pâle (MgO). Décomposée par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

Diagnostic. L'*écume de mer* possède une texture caractéristique. Les magnésites schisteuses et micacées se distinguent aisément des argiles et des micas, par l'absence de la réaction de l'alumine et l'intensité des réactions de la magnésie.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

1° *Dans les calcaires sédimentaires*.

La magnésite schisteuse est fréquente en France dans les calcaires lacustres éocènes et oligocènes, où elle forme souvent de petits lits distincts; elle est souvent associée à de l'opale (ménilite). Brongniart, qui en a fait une étude détaillée, l'a désignée sous le nom de « *magnésite parisienne* » (*A. M.* VII. 291. 1822).

D'après les renseignements que je dois à M. Munier-Chalmas, la magnésite, au moins dans le bassin de Paris, s'est formée dans des lagunes en même temps que du gypse et du sel gemme. On trouve, en effet, parfois dans les lits de magnésite, d'énormes cristaux de gypse transformés en calcédoine; ils renferment souvent, comme on l'a vu plus haut, des graines de charas, de petits mollusques (hydrobies, etc.).

En général, cette magnésite schisteuse est formée par l'enchevêtrement de fines lamelles, plus ou moins grossièrement parallèles à la schistosité de l'échantillon. Quand les lits de magnésite sont très minces et qu'ils ont été soumis à de fortes pressions par suite de glissements, l'orientation des lamelles devient plus parfaite et l'on obtient les variétés

très cristallines dont les propriétés optiques ont été données plus haut (quartier de l'Étoile à Paris).

Bassin de Paris. — Dans le bassin de Paris, le niveau contenant de la magnésite est le calcaire de Saint-Ouen. La magnésite y forme des lits minces. Je citerai quelques gisements particulièrement intéressants au point de vue de l'abondance de la magnésite.

Seine. On trouve ce minéral notamment à Montmartre, à Ménilmontant, à Argenteuil, en masses stratoïdes associées à des silex à cassure brune (ménilite *pro parte*). Leur structure est parfois très peu cristalline, les lames de magnésite très ténues étant distribuées dans une matière monoréfringente.

M. Munier-Chalmas a trouvé à Paris, dans les alentours de l'Arc de Triomphe (quartier de l'Étoile) et au même niveau que dans les gisements précédents, des lits de magnésite ayant parfois moins d'un millimètre d'épaisseur. Ils sont gris jaunâtre, parfois translucides et semblables à une pelure d'oignon. Cette variété de magnésite a essentiellement la même structure que celle des autres gisements parisiens ; c'est la plus cristalline que j'aie eu l'occasion de voir : les lames microscopiques qui la constituent ont parfois la même orientation sur plus d'un centimètre carré.

Seine-et-Oise. Une magnésite très pure a été trouvée à Chennevières près Champigny, en lits de 0^{m} 38 d'épaisseur à aspect d'argile feuilletée (Dufrénoy : *A. M.* I. 193. 1842). Il est facile d'en détacher des lamelles de clivage (analyse *c*).

Seine-et-Marne. A Coulommiers, la magnésite gris rosé forme des lits de 20^{cm} d'épaisseur enveloppant des rognons de ménilite. (Cuvier et Brongniart, *op. cit.*, 207 et coupes pl. I. B) (analyse *b*).

Bassin de la Loire. — *Cher.* Les calcaires siliceux oligocènes situés entre Quincy-sur-Cher et Mehun renferment une variété de magnésite remarquable par sa belle couleur rose carmin associée à de l'opale de même couleur. Son analyse a été donnée plus haut ; elle a été désignée sous le nom de *quincyte* (Berthier : *A. M.* X. 272. 1825) ; sa couleur est attribuée à une substance organique ; elle disparaît, en effet, à une faible chaleur. Le même minéral est disséminé dans le calcaire, dont le plus coloré n'en renferme que 0,02 à 0,03 °/₀. On peut l'extraire sous forme de flocons d'un beau rose carmin en traitant la roche par l'acide acétique.

Cévennes. — *Gard.* Marcel de Serres a signalé le premier (*J. P.* déc. 1815) l'existence de la magnésite sur les rives du Vidourle entre Sommières et Salinelle, au milieu de calcaires d'eau douce éocènes. Cette magnésite est exploitée depuis longtemps, réduite en poudre et vendue sous le nom de *terre de Sommières*, comme terre à détacher; elle possède la structure très cristalline de la magnésite des environs de Paris.

Algérie. — [*Maroc*]. Dans les bains maures de l'Algérie, on employait autrefois comme savon un variété de magnésite (*pierre de savon du Maroc*) d'un brun de chocolat (« tfol » des Arabes) provenant du Maroc, non loin de la frontière algérienne, à 6 lieues de Fas, entre cette ville et le Cheboul (Ravergie, *Explor. scient. de l'Algérie.* 180. 1848). Elle a été étudiée par M. Damour (analyse *f*). Cette substance est associée à des silex blonds ; dans l'eau elle se gonfle, devient feuilletée, puis se délite.

2° *Dans les serpentines.*

La magnésite se trouve en petites veines dans beaucoup de serpentines ; elle y forme des masses non schisteuses blanches ou jaunâtres, happant à la langue, souvent accompagnées et mélangées d'opale et de giobertite terreuse.

L'examen microscopique montre que la cristallinité de ces variétés, qui, par leurs caractères extérieurs, se rapprochent de l'*écume de mer*, est beaucoup moindre que celle de la magnésite schisteuse des environs de Paris.

On peut la signaler notamment dans les serpentines de Saint-Omer en Blain (*Loire-Inférieure*), de Roche-l'Abeille (*Haute-Vienne*), du Moun caou en Louvie Juzon (*Basses-Pyrénées*), de Moncaup (*Haute-Garonne*), de Prades (*Ariège*), de la *Nouvelle-Calédonie*, etc.

GROUPE DE LA KAOLINITE

Je réunis sous ce titre deux minéraux monocliniques se présentant sous forme de lames micacées et formant parfois de véritables roches onctueuses au toucher :

Kaolinite	$H^4 Al^2 Si^2 O^8$
Pyrophyllite	$H^2 Al^2 Si^4 O^{12}$

KAOLINITE

$H^4 Al^2 Si^2 O^8$

Monoclinique. $mm = 120°34'$.

$b : h = 1000 : 1386,91$. $D = 866,98$. $d = 498,35$.

Angle plan de $p = 121°13'10''$

Angle plan de $m = 86°36'32''$

[$a : b : c = 0,5748 : 1 : 1,5997$
$z\ x = 83°11'$ (Miers)]

Formes observées. p (001), m (110), g^1 (010).

mm	120°34′	* pm	95°55
* mg^1	119°43′	* $pb^{1/2}$	101°52′

M. Termier donne $mm = 128°$ (angle plan mesuré au microscope) pour la *leverriérite*, qui, par tous ses autres caractères, ne se distingue pas de la kaolinite.

Macles. Macle analogue à celle des micas et des chlorites. M. Termier a observé, en outre, des groupements polysynthétiques suivant un dôme indéterminé et des groupements à angle droit de deux prismes.

Faciès des cristaux. La *kaolinite* forme des lamelles hexagonales groupées en rosettes ou en éventail (fig. 1). Ces groupements sont fréquents dans les échantillons considérés autrefois comme une espèce indépendante sous le nom de *pholérite*, ainsi que dans la kaolinite formée aux dépens du béryl. Je dois à l'obligeance de M. de Mauroi

un kaolin en masses onctueuses formé par des lames extrêmement petites. En les étudiant avec un objectif à immersion, on peut constater qu'elles sont sensiblement rectangulaires et s'éteignent suivant leurs diagonales. Leurs petites dimensions ne permettent pas d'autres constatations.



Fig. 1.
Kaolinite (Lumière naturelle, grossissement de 300 diamètres. Reproduction d'une photographie).

Le plus souvent, les lames de kaolinite sont très petites et leur structure cristalline ne peut être mise en lumière que par l'examen au microscope. Elles constituent, par leur réunion, des masses à aspect plus ou moins terreux qui forment une véritable roche, le *kaolin* qui, une fois pur, est onctueux au toucher et plastique.

La variété *pholérite* forme parfois des lames distinctes de plusieurs millimètres de diamètre.

La variété désignée sous le nom de *leverriérite* se présente en cristaux vermiculés, rappelant l'helminthe du Dauphiné et qui ont été parfois regardés comme des organismes et décrits sous le nom de *bacillarites* !

Clivages. Clivage p (001) micacé.

Dureté. 2 à 2,5.

Densité. 2,6 à 2,64; 2,3 à 2, 4 (leverriérite) (Termier).

Coloration et éclat. Blanche, grise, brunâtre (leverriérite).

Éclat nacré sur les lames p (001) ; l'éclat des masses de kaolinite varie, suivant la grosseur et l'orientation des lamelles, du nacré à l'aspect terreux. Les lames de kaolinite sont transparentes.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë *négative* (n_p) inclinée de 20° sur la normale à p (001) (Dick).

$2\,\mathbf{V}$ = voisin de 90° (kaolinite et pholérite);
= 45° à 52° (leverriérite) (Termier).
$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p$ = 0,007 en moyenne ;
0.0075 à 0,0082 (leverriérite) de Rive-de-Gier et de Saint-Étienne ;
0,009 à 0,011 Bois d'Avaize (Termier).
$\mathbf{N} > 1{,}549$.

Pléochroïsme. La kaolinite normale est incolore, mais la *leverriérite* renferme un pigment coloré (organique ?) brunâtre. Le pléochroïsme de cette variété est sensible en lames minces :

$\mathbf{n}_g$ = brun très clair ;
$\mathbf{n}_m$ = brun ;
$\mathbf{n}_p$ = incolore.

Composition chimique. *a*) Composition correspondant à la formule $H^4\,Al^2\,Si^2\,O^8$;

Analyses : *b*) de la *kaolinite* du béryl de La Vilate, par M. Damour (*in* Dx, *op. cit.*, I. 369);

c) du kaolin de Limoges, par Berthier (*A. P. C.* XXIV. 107. 1824) ;

d) du kaolin de Saint-Yrieix, par Forchammer (*P. A.* XXXV. 337. 1835);

e) de la *kaolinite* (pholérite de Lodève), par M. Pisani (*C. R.* LIII. 1072. 1861) ;

f, *g*, *h*) de la *kaolinite* de Quenast [*Belgique*], de Saint-Gilles près Liège, de La Chartreuse près Liège, par de Koninck (*Bull.* (*Ac. Sc. Belg.* LXIV. 734. 1877) ;

i) de la *kaolinite* (pholérite) de Fins (*Allier*), par Guillemin (*A. M.* 489. 1825) ;

j, *k*) de la *leverriérite*, *in* Termier (*A. M.* XVII. 372. 1890).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)	*f*)	*g*)	*h*)	*i*)	*j*)	*k*)
SiO^2	46,5	45,61	46,8	48,68	47,0	45,58	45,97	46,72	42,93	46,4	46,79
Al^2O^3	39,5	38,86	37,3	36,92	39,4	36,80	40,12	38,32	42,07	38,4	34,47
Fe^2O^3	»	0,94	»	»	»	3,68	traces	0,77	»	»	»
CaO	»	»	»	»	»	»	»	0,60	»	1,2	4,53
MgO	»	»	»	0,52	»	»	»	traces	»	»	»
K^2O	»	»	2,5	»	»	»	»	»	»	»	»
Na^2O	»	»	»	0,58	»	»	»	»	»	»	»
GlO	»	1,10	»	»	»	»	»	»	»	0,5	»
H^2O	14,0	14,04	13,0	13,13	14,4	14,49	13,91	13,85	15,00	15,0	13,21
	100,0	100,55	99,6	99,83	100,8	100,55	100,00	100,26	100,00	101,5	99,00

M. Schlœsing a étudié la composition chimique de divers kaolins français et montré leur structure cristalline (*C. R.* LXXIX, 376 et 473. 1874) ainsi que l'existence d'une quantité variable d'argile colloïdale.

Essais pyrognostiques. Donne de l'eau dans le tube. Infusible au chalumeau. Chauffée au chalumeau avec une solution de cobalt, donne la coloration bleue de l'alumine. Insoluble dans les acides.

Diagnostic. La kaolinite se présente avec toutes les propriétés des micas; elle se distingue de la muscovite par sa biréfringence beaucoup plus faible[1], le plus grand écartement de ses axes, son infusibilité, etc.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La kaolinite se rencontre dans les conditions suivantes :

1° Dans les granulites, comme produit d'altération dû à l'action de fumerolles ou à des actions atmosphériques (*kaolin*);

2° Dans des gisements sédimentaires, comme produit d'altération de sables feldspathiques (*kaolin*);

3° Dans les fissures de diverses roches éruptives ou sédimentaires et particulièrement de celles de la série permocarbonifère (variété *pholérite*);

4° Dans des roches éruptives ou sédimentaires de la période carbonifère (variété *leverriérite*).

1° *Dans les roches granulitiques* (kaolin).

Les grands gisements de *kaolin* se trouvent dans la granulite et la pegmatite; ils résultent de la décomposition *sur place* des feldspaths acides (orthose, microcline, albite), dont les alcalis ont été éliminés. Dans les gisements de kaolin une véritable préparation mécanique naturelle a souvent donné naissance à des concentrations de kaolinite pure dans les fissures ou cavités de la roche altérée.

Plusieurs théories ont été proposées pour expliquer cette kaolinisation. On l'a attribuée : 1° à la décomposition des feldspaths par l'action des influences météoriques (eaux chargées d'acide carbonique décomposant les silicates et enlevant les alcalis sous forme de carbonates solubles); 2° à la décomposition des feldspaths par des fumerolles fluorées consé-

1. Cette propriété est distincte aussi du talc et de la pyrophyllite.

cutives de la consolidation de la granulite (Daubrée : *C. R.* LXVIII. 1135. 1869). Cette dernière théorie est appuyée par la fréquence, dans certains kaolins, de cassitérite et de minéraux fluorifères n'existant pas normalement dans la granulite intacte. Il paraît probable que ces deux modes de production du kaolin ont été réalisés dans la nature.

Le kaolin se produit aussi par altération (d'origine superficielle) de minéraux autres que les feldspaths et notamment du béryl.

Normandie. — *Orne*. Le kaolin des environs d'Alençon a servi, depuis le xe siècle et peut-être même dès l'époque mérovingienne, à la fabrication de poteries grossières (M. Le Tellier a trouvé des traces d'exploitation datant de cette époque à Heloup près Alençon); un document de 1503 le signale à Aulnais, près Alençon. Mais c'est Guettard qui en 1746 (*Mém. Acad. Sc.* 363) l'étudia le premier, montra son analogie avec le kaolin de la Chine et essaya même de fabriquer avec lui de la porcelaine pour le compte du duc d'Orléans. Ce ne fut qu'en 1765 qu'il publia l'histoire de sa découverte : *Histoire de la découverte faite en France de matières semblables à celles dont la porcelaine de Chine est composée* (Paris, in-4°). (Cf. L. Duval : *Revue normande et percheronne*. 1892; abbé Letacq : *Bull. Soc. lin. de Normandie*. 1891. 67; Le Tellier : *id.* 1887-88. 305; R. de Brebisson : *Annuaire normand*. 1895. 207).

D'après les renseignements que je dois à M. Le Tellier, le kaolin est exploité aujourd'hui : 1° au Pont Percé en Condé-sur-Sarthe; il y forme à la surface de la granulite une large lentille qui a 3 ou 4^{m} d'épaisseur ; elle est parcourue par des veines de quartz renfermant des empreintes de cristaux cubiques (fluorine ou pyrite) ; 2° à Montpertuis en Lonrai, où le kaolin se trouve dans les mêmes conditions qu'à Pont-Percé. La même substance se rencontre aussi au N. et au S. d'Alençon, aux Aulnais et dans le parc de Chauvegny en Saint-Germain du Corbeis (ce gisement a été en partie épuisé au siècle dernier).

Manche. — M. Schlœsing a publié (*C. R.* LXXIX. 376 et 473. 1874) l'analyse d'un kaolin provenant de Saussemesnil près Valogne et a montré qu'il est formé en grande partie par un produit cristallisé (kaolinite) associé à 1,4 °/₀ d'argile colloïdale.

Le kaolin est exploité aux Pieux.

Bretagne. — *Côtes-du-Nord*. La même substance est exploitée à Plémet près Loudéac, ainsi qu'à Saint-Rieul, Jugon, Trélivan, etc. Elle provient de la décomposition de granulite.

Morbihan. Le kaolin se trouve à Penestin. M. de Limur a récemment signalé son abondance à Kergonnano en Baden, où il est associé à du graphite (*Bull. Soc. polymath. Morbihan*, 1895).

Finistère. — On exploite le kaolin à Daoulas.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. Les pegmatites du revers sud du massif cristallin du Labourd sont très kaolinisées, particulièrement aux environs d'Itsatsou et de Louhossoa. Elles ont été exploitées et ont fourni du kaolin de bonne qualité, qui était lavé à Itsatsou.

Hautes-Pyrénées. Les pegmatites de l'entrée de Labassère et celles de Loucrup sont altérées et ont été exploitées pour l'extraction du kaolin (Frossard).

Ariège. Les pegmatites altérées de Mercus ont fourni du kaolin.

Plateau Central. — *Lozère*. Berthier a donné (*A. P. C.* XXIV. 107. 1824) une analyse d'un kaolin impur de Fourches près Mende.

Haute-Vienne. Le kaolin a été découvert en 1765 aux environs de Saint-Yrieix par la femme d'un chirurgien de Saint-Yrieix, nommé Darnet; la substance fut étudiée par Macquer, chimiste de la manufacture de Sèvres, qui le fit connaître en 1769. Dès cette époque il y fut exploité et employé à Sèvres. Il est abondant, de bonne qualité, il est encore actuellement l'objet d'une active exploitation. Le kaolin de cette région résulte de la décomposition des feldspaths (orthose, microcline, albite) de nombreux filons (de 1 à 8 mètres d'épaisseur environ) de granulites et de pegmatites traversant les micaschistes, les leptynites et les amphibolites ou interstratifiés au milieu de ces roches.

On exploite la granulite plus ou moins altérée. Après broyage, le kaolin est séparé, par lévigation, des éléments intacts de la granulite (quartz, feldspath, mica, etc.). On extrait aussi des amas de kaolin blanc presque pur provenant de la concentration, dans des poches irrégulières, de la kaolinite formée aux dépens des feldspaths de la granulite.

Les exploitations de kaolin des environs de Saint-Yrieix se divisent en deux groupes : celui de Coussac (carrières de Saint-Bonnet, de la Lande, du Grand-Bois, de Sainte-Valérie, de Saint-Antoine, etc.) et celui (aujourd'hui presque abandonné) du Boisvicomte-Marcognac (Voir, pour plus de détails, Fuchs et de Launay, *Traité des gîtes minéraux*, I. 620. 1893).

On verra, tome II, que le béryl de diverses localités, et en particulier celui du pont de Barost et de La Vilate près Chanteloube, se transforme en un beau kaolin blanc de neige : il est remarquable par les formes vermiculées de la kaolinite qui le constitue.

Allier. Le massif granulitique d'Échassières et des Colettes est situé au milieu des micaschistes ; il est traversé par de nombreux filons de quartz (forêt de Colettes, La Bosse en Échassières), au voisinage immédiat desquels la granulite a été silicifiée, puis kaolinisée. Le kaolin est rose dans les granulites à feldspaths roses, blanc dans les granulites à feldspaths blancs. Cette roche est activement exploitée, broyée et lavée pour l'extraction du kaolin. Les filons de quartz renferment du wolfram ; la granulite, de la cassitérite, de la lépidolite, etc. ; j'y ai trouvé de la topaze. A l'occasion de ces gisements, M. Daubrée a insisté autrefois (*C. R.* LXVIII. 1135. 1869 ; voir aussi de Launay : *B. S. G.* 1065. 1888) sur l'association du kaolin et des filons stannifères et sur la liaison probable de l'origine de ces deux roches.

Vosges. — M. Vélain m'a signalé d'anciennes exploitations de kaolin dans les grands filons de quartz de pegmatites de la vallée des Roches (Val d'Ajol).

Esterel. — *Var*. Berthier, dans le mémoire précité, a donné l'analyse d'un kaolin rouge impur formant un banc de 12 à 14 mètres d'épaisseur au milieu des micaschistes de La Garde Freinet près Saint-Tropez. Il provient de la décomposition imparfaite d'une pegmatite.

Algérie. — *Constantine*. M. Parran a signalé aux environs de Bône dans le massif d'Edough (*B. S. G.* XI 509. 1883) des veines de kaolin situées au milieu des gneiss granulitiques et offrant la même disposition que ceux de Saint-Yrieix. A la profondeur de 70 mètres, la kaolinisation est aussi intense qu'à la surface.

2° *Dans les gisements sédimentaires* (kaolin).

Le kaolin des gisements sédimentaires a la même origine que celui des gisements précédents. Il est formé par altération de roches feldspathiques, mais de roches feldspathiques clastiques. Il faut probablement rattacher à ce groupe certaines argiles réfractaires. Toutefois on verra plus loin que beaucoup d'argiles, bien qu'ayant une composition voisine du kaolin, s'en distinguent par la propriété qu'elles ont d'être décomposées par les acides. Je ne signalerai que les

quelques gisements suivants, dont je n'ai pas personnellement étudié les produits :

Bordure du Plateau Central. — *Charente*. Le kaolin signalé à Dignac par Bigot de Morogues (*A. M.* VII. 589. 1822) provient de la décomposition de sables granitiques déposés au milieu des assises secondaires.

Dordogne. Des exploitations de kaolin se trouvent à environ 5 km. de la station des Eysies près du village de Queylan. Le kaolin blanc gris et onctueux au toucher forme des amas irréguliers au milieu de sable micacé ferrugineux très fin reposant sur le crétacé inférieur. Il est traversé par des filonnets d'halloysite blanche translucide passant insensiblement au kaolin.

Lot-et-Garonne. Des amas de kaolin remplissant des poches dans des assises sédimentaires ont été trouvés à Gavaudun ; on y a observé des traces de cassitérite (Fuchs et de Launay, *op. cit.*, 627).

Nièvre. Dans la Nièvre, l'infralias (*rhétien*) reposant sur le trias est représenté par des bancs de grès durs et des couches friables constituées par une argile kaolinique mélangée de grains de quartz. Cette argile est exploitée pour l'extraction du kaolin qui est utilisé dans les fabriques de faïence et de porcelaine de la région (Nevers, Gien, etc.).

Les gisements à citer sont Decize, Vaux, en aval d'Avril, Chantenay, etc. (Voy. Fuchs et de Launay, *Traité des gîtes minéraux*, I. 625. 1893).

Algérie. — M. Gentil m'a signalé un gisement de kaolin au cap Figalo; ce kaolin résulte de la décomposition d'assises sédimentaires reposant sur une roche trachytique et en grande partie formées à ses dépens.

3° *Dans les fissures de roches diverses et particulièrement dans les roches sédimentaires du terrain carbonifère.*

La *kaolinite* en petites masses très fines, micacées, plus rarement en ames de quelque dimension, abonde dans les fissures de diverses roches et notamment de roches sédimentaires du terrain carbonifère. C'est cette variété qui a été autrefois considérée comme une espèce spéciale et décrite par Guillemin sous le nom de *pholérite*. Elle ne diffère en rien de la kaolinite ; aussi le nom de « pholérite » doit-il disparaître de la nomenclature minéralogique.

Bassin houiller franco-belge. — *Nord* et [*Belgique*]. La kaolinite se rencontre dans les roches carbonifères des mines de houille d'Anzin (*Nord*) sous forme d'enduit blanc nacré.

Ce minéral n'est pas rare, du reste, dans tout le bassin houiller franco-belge et notamment aux environs de Mons [*Belgique*].

J'ai donné plus haut les analyses faites par M. de Koninck (*Bull. Ac. Sc. Belgique*, LXIV. 734. 1877) de la kaolinite belge de La Haye à Saint-Gilles et de La Chartreuse près Liège, de Bagatelle près Visé (concession de Cache-Après). Ce minéral tapisse des fentes de grès houillers. Le même auteur a décrit la kaolinite se trouvant dans les fissures de la diorite quartzifère de Quenast [*Belgique*].

Anjou. — *Maine-et-Loire*. La collection du Muséum d'histoire naturelle possède un échantillon de kaolinite tapissant les fentes d'un grès houiller de La Haye-Longue près Rochefort-sur-Loire.

Cévennes. — *Hérault*. Les schistes argileux permocarbonifères de Lodève renferment des enduits ou des nodules de kaolinite blanche, qui a été analysée par M. Pisani (analyse *e*).

Plateau Central. — *Aveyron*. Le même minéral se rencontre dans des conditions identiques dans les divers bassins houillers de l'Aveyron, et notamment à Decazeville et à Cransac.

Allier. C'est la kaolinite de Fins-Noyant qui a été décrite autrefois sous le nom de *pholérite* par Guillemin (analyse *f*). Elle y forme de petites écailles d'un blanc nacré dans les fissures des grès et des schistes houillers ainsi que dans des rognons de carbonate de fer : elle constitue souvent aussi des nodules à éléments plus ou moins distincts. Elle est souvent associée à de la calcite laminaire. On la trouve aussi à Rive-de-Gier, à Commentry, etc.

4° *Dans des roches carbonifères, comme élément constitutif.*

Plateau Central. — *Loire* et *Gard*. M. Termier a donné le nom de *leverriérite* (*A. M.* XVII. 372 et *B. S. M.* XIII. 325. 1890) à une variété de kaolinite provenant des bassins houillers de Rive-de-Gier et du Gard. Elle est répandue en abondance dans les bancs argileux des couches de houille. Elle forme des lamelles et parfois de petits prismes tordus et vermiformes de 1 à 4^{mm} de longueur en moyenne

avec $0^{mm}3$ à $0^{mm}7$ de diamètre, mais pouvant atteindre exceptionnellement 15^{mm}. Ces petits prismes ont même été décrits autrefois comme des organismes sous le nom de *bacillarites* !



Fig. 2.
Lame mince de la roche à leverriérite. (Lumière polarisée, grossissement de 60 diamètres).

M. Termier a signalé dans ce minéral des macles analogues à celles des micas, des groupements à angle droit et enfin des macles polysynthétiques suivant un dôme. En lames minces, le minéral est pléochroïque et brun clair, par suite de l'existence d'un pigment coloré, inégalement distribué. La leverriérite est intimement associée à de la biotite, dont elle serait contemporaine d'après M. Termier. Il existe des couches presque exclusivement formées de leverriérite et de biotite.

Le minéral se trouve aussi, mais plus rarement, dans les porphyres pétrosiliceux altérés (*Gores*) interstratifiés dans les assises houillères de Mourinet dans le bois d'Avaize (*Loire*) et de Saint-Jean-de-Valeriscle (*Gard*).

PYROPHYLLITE

$$H^2 Al^2 Si^4 O^{12}$$

Monoclinique (?) (par analogie avec les micas).

Formes et Faciès. La pyrophyllite ne se rencontre qu'en lamelles sans contours géométriques : elles se groupent souvent en masses radiées ou fibreuses. Parfois elles deviennent très petites et par leur réunion donnent naissance à des masses à apparence compacte et souvent schisteuses rappelant la stéatite.

Clivages. Clivage *p* (001) parfait, donnant des lames semblables à celles du talc, flexibles mais non élastiques.

Dureté. 1 à 2. Toucher gras.

Densité. 2,77 à 2,9; 2,772 (Ottré, de Koninck).

Coloration et éclat. Blanche, jaunâtre, vert clair. Poussière blanche. Éclat gras, nacré sur le clivage. Transparente ou translucide.

Propriétés optiques. Bissectrice aiguë *négative* (n_p), normale à p (001).

$$2\,E = 105^\circ \text{ à } 110^\circ.$$

La dispersion est faible $\rho > v$.

$$n_g - n_p = 0{,}041.$$

Composition chimique.

a) Composition correspondante à la formule $H^2\,Al^2\,Si^4\,O^{12}$;

Analyses : *b*) de la pyrophyllite d'Ottré, par Rammelsberg (*P. A.* LXVIII. 513. 1846);

c) par de Koninck (*B. Acad. Belg.* XXVI. 469. 1868).

	a)	*b*)	*c*)
SiO^2.....	66,7	66,14	66,01
Al^2O^3....	28,3	25,87	28,26
Fe^2O^3 ...		»	0,75
MgO		1,49	»
CaO.....		0,39	»
H^2O.....	5,0	5,59	5,52
	100,0	99,48	100,54
Densité		»	2,772

Les auteurs les plus récents rangent la *gümbelite* à la suite de la pyrophyllite, malgré une teneur en alcalis atteignant 9,01 dans celle de Petitcœur. On a vu pages 338 et 351 que ce minéral est une variété de muscovite.

Essais pyrognostiques. Chauffée au chalumeau, la pyrophyllite lamellaire s'ouvre en éventail en augmentant beaucoup de volume et ne fond que difficilement en un émail blanc. Chauffée après avoir été imbibée d'azotate de cobalt, donne la coloration bleue de l'alumine. Imparfaitement décomposée par l'acide sulfurique.

Diagnostic. La pyrophyllite se distingue du talc et de la muscovite par le grand écartement de l'angle des axes optiques. La recherche par les procédés microchimiques de l'alumine permet de la distinguer du talc; celle des alcalis, des micas blancs.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La pyrophyllite est un minéral des schistes cristallins et des schistes paléozoïques métamorphisés.

Ardenne. — [*Belgique*]. La pyrophyllite se rencontre dans l'Ardenne belge, aux environs de Viel-Salm près du village d'Ottré ; elle y forme des masses lamellaires, d'un beau blanc ou d'un blanc jaunâtre, souvent radiées et disposées sur une roche composée par le même minéral en fines lamelles associées à du quartz ; quelques variétés sont schisteuses.

La pyrophyllite est localisée dans des filons traversant les assises salmiennes.

ANNEXE A LA KAOLINITE

ARGILES

Toutes les classifications minéralogiques renferment un groupe résiduel dans lequel sont rejetées, sous le nom de « corps amorphes », une série d'*argiles* plus ou moins pures ayant reçu de nombreux noms spéciaux.

L'examen microscopique permet de voir que beaucoup de ces argiles (et en particulier la montmorillonite et l'halloysite) sont constituées, en partie ou en totalité, par une substance *cristallisée*, formant des lamelles plus ou moins enchevêtrées, perpendiculaires à une bissectrice aiguë *négative* : les sections perpendiculaires à ces lamelles ont donc un allongement positif. La biréfringence est faible, la réfringence moyenne supérieure à celle du baume du Canada.

Je ne puis affirmer que dans toutes les argiles que j'ai étudiées ce produit cristallin soit exactement le même, car, étant données la faible biréfringence de ce minéral et la grande difficulté de la taille des plaques minces d'épaisseur connue, le nombre de vérifications optiques que l'on peut faire est peu élevé.

Ces propriétés optiques sont voisines de celles de la kaolinite. Ces deux produits semblent toutefois différents, car la *kaolinite* est inattaquable par les acides, tandis que l'acide chlorhydrique décompose facilement le minéral qui m'occupe ici. Je ne crois pas qu'on puisse le considérer comme un minéral hydraté à la façon des zéolites, car il

peut être chauffé à près de 250° sans que son action sur la lumière polarisée soit modifiée.

Il semble problable que beaucoup des argiles qui vont être étudiées sont des mélanges de ce minéral cristallisé avec divers produits colloïdes (alumine, silice, etc.) souvent accompagnés de minéraux d'origine clastique.

Les analyses de ces diverses argiles sont souvent discordantes, ce qui s'explique par l'impureté fréquente des produits étudiés. De plus, elles ont souvent en outre le défaut de ne pas indiquer les conditions dans lesquelles le minéral a été étudié avant ou après une dessiccation plus ou moins complète.

M. Lechatelier a proposé une classification des argiles d'après la façon dont elles se comportent pendant la cuisson (*B.S.M.* X. 204. 1887). Pendant l'échauffement des argiles, il a observé des ralentissements dans l'élévation de la température dus à une déshydratation et des accélérations indiquant la production de phénomènes accompagnés d'un dégagement de chaleur.

Dans les *halloysites*, il y a un ralentissement marqué entre 150° et 200°, puis un autre très marqué qui finit à 700° et enfin une accélération brusque qui commence à 1000°.

Dans les *allophanes* et les *collyrites*, il y a un seul ralentissement entre 150° et 220° et une accélération brusque à 1000°.

Le dégagement de chaleur observé dans la cuisson de ces argiles est attribué par M. Lechatelier à la transformation moléculaire de l'alumine, mécaniquement mélangée, transformation à la suite de laquelle l'alumine libre devient insoluble dans les acides.

Dans la *montmorillonite*, il y a un temps d'arrêt dans l'échauffement qui finit vers 200°, un second moins marqué à 770° et un troisième douteux à 950°. Il n'y a aucun dégagement de chaleur comme pour les argiles précédentes.[1]

Je grouperai les divers échantillons des gisements français autour des types suivants :

a) halloysite,
b) montmorillonite,
c) allophane,
d) collyrite.

1. M. Lechatelier a aussi étudié au même point de vue le kaolin (un seul ralentissement se terminant à 770° et une légère accélération à 1000°) et la pyrophyllite (un ralentissement finissant à 700° et un douteux à 850°).

Toutes ces argiles paraissent être le résultat plus ou moins direct de la décomposition de roches feldspathiques : tantôt cette décomposition s'est effectuée sur place, tantôt au contraire les produits néogènes ont été transportés.

Je ne m'occuperai ici, bien entendu, que des argiles pures ayant une composition constante, sans m'arrêter aux nombreuses argiles sédimentaires qui constituent de *véritables roches*, généralement riches en produits clastiques, dont l'étude sort du cadre de cet ouvrage.

Je rappellerai cependant que les argiles imprégnées de calcaire sont désignées sous le nom de *marnes*, que les argiles riches en silice gélatineuse (soluble dans les alcalis) sont appelées *gaizes*; le *limon* ou *lehm* est une argile renfermant des particules siliceuses et un pigment de limonite; il prend le nom de *less* quand il est en outre calcaire.

HALLOYSITE

$$H^4 Al^2 Si^2 O^9 + nAq.$$

L'halloysite est une argile à cassure conchoïdale, peu plastique quand elle est pure, happant plus ou moins à la langue et onctueuse au toucher

Dureté. 1 à 2. Facile à couper au couteau.

Densité. 2 à 2,20; 2,05 h. de La Voulte (Dufrénoy), 2,25. h. de Huelgoat (Dufrénoy).

Coloration et éclat. Blanche, grise, verte, jaune, bleue, rouge.

Éclat nacré ou gras. Translucide sur les bords ou opaque, devient translucide ou même transparente par immersion dans l'eau avec accroissement de volume.

Propriétés optiques. L'halloysite de Chessy est formée par de petites lamelles biréfringentes groupées fréquemment en sphérolites : elle est parfois mélangée à de l'opale. Celle de Huelgoat que j'ai étudiée est monoréfringente, renferme des produits ferrugineux et de petits rhomboèdres de quartz : un échantillon de la collection du Muséum, étiqueté *lenzinite* de Saint-Sever, est peu cristallin et par suite très différent d'un échantillon onctueux au toucher, possédant la consistance du kaolin. Au microscope, il se présente en très larges lames atteignant 1^{mm} de dia-

mètre et possède une structure comparable à celle du picrolite; la cristallinité atteint celle des magnésites lamellaires les plus cristallines.

Composition chimique.

Analyses :

a) de l'halloysite de Huelgoat, par Dufrénoy (moyenne de deux analyses) (*Mém. pour servir à une descript. géol. de la France*, II. 220. 1834);

b) de l'halloysite de Huelgoat, par M. Lechatelier (*B. S. M.* X. 210);

c) de l'halloysite d'Angleur [*Belgique*], par M. Lechatelier (*B. S. M.* X. 210. 1887);

d) de l'halloysite de Miglos (*Ariège*), id. ;

e) de l'halloysite de Laumède (*Dordogne*). id. .

	a	*b*	*c*	*d*	*e*
SiO^2	48,66	47,9	46,3	46,3	48,7
Al^2O^3.......	31,46	38	39,5	38,7	36,5
CaO	3,88	»	»	»	»
H^2O	11.48	14,3	14,3	14,3	13,6
	98,49	100,2	100,1	98,2	98,8
Eau hygrométrique	»	5,4	8,5	12,5	4.

D'après M. Lechatelier (*op. cit.*), l'eau se divise en deux parties : l'une part à 150° après 24 heures de chauffe ou à 250° après 1/4 d'heure; l'autre ne disparaît qu'à partir de 400°, la proportion de celle-ci étant toujours exactement 2 équiv. pour 1 équiv. d'alumine. Dans les halloysites, il existe souvent de la silice ou de l'alumine libre; à part cela la formule est la même que celle du kaolin, mais les propriétés sont différentes.

D'après le même savant, c'est à l'halloysite qu'il y aurait lieu de rattacher les minéraux dont les analyses suivent :

f) Analyse de la lenzinite de Saint-Sever, par Salvétat (*A. P. C.* XXXI. 115. 1851) ;

g) Analyse de la saponite de Plombières par Nicklès (*A. P. C.* LVI. 46. 1859) : cette analyse rapprocherait cependant le minéral de la montmorillonite;

h) Analyse de la sevérite de Saint-Sever par Salvetat et Damour (*A. P. C.* XXI. 382. 1847).

	f	*g*	*h*
SiO^2	36,36	42,50	40,39
Al^2O^3	36,00	19,20	36,84
Fe^2O^3	1,95	»	»
MgO	0,18	»	1,74
Alcalis	0,50	»	»
H^2O	21,50	38,54	12,98
Silice gélatineuse	2,00	»	»
Quartz	1,64	»	9,17
	100,13	100,0	100,12

On verra plus loin qu'à Saint-Sever il existe aussi des argiles ayant la composition de la montmorillonite. La saponite de Plombières renferme, d'après M. Lechatelier, une forte proportion de silice gélatineuse; c'est pourquoi je l'ai rangée parmi les halloysites, malgré l'analyse *g*, qui la rapproche de la montmorillonite. Elle contient aussi des sulfates de chaux, des chlorures. Par contre, la bauxite blanche de Brignoles (*Var*) contient une notable proportion d'alumine libre.

Essais pyrognostiques. Donne de l'eau dans le tube. Infusible au chalumeau. Décomposée par les acides.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'halloysite se rencontre dans des gisements variés, dans lesquels elle a été souvent décrite sous des noms différents. On la trouve :

1° Dans les gisements métallifères ;

2° Dans les fentes de roches feldspathiques, où elle est parfois de formation moderne ;

3° Dans les assises sédimentaires.

1° *Dans les gisements métallifères.*

Bretagne. — *Finistère*. L'halloysite a été pour la première fois décrite par Berthier (*A. P. C.* XXXII. 332. 1826) d'après des échantillons provenant des mines de galène de Poullaouen et de Huelgoat. Elle s'y présente sous forme terreuse ou compacte; dans cette dernière variété, la cassure est esquilleuse comme celle de l'agate commune; le minéral translucide est d'un vert clair et rappelle la chrysoprase, mais il se laisse couper au couteau. Il happe fortement à la langue.

La composition des deux variétés est à peu près identique (analyse

a et *b*). On sait que les exploitations de Poullaouen et de Huelgoat sont depuis longtemps abandonnées. Les minéraux en provenant ne se trouvent donc plus que dans les vieilles collections.

Plateau Central. — *Dordogne.* L'halloysite a été rencontrée dans les mines de manganèse de Saint-Martin-de-Thiviers près Nontron, sur la bordure ouest du Plateau central, etc.

Ardèche. Les mines de fer de La Voulte ont fourni de l'halloysite gris bleuâtre clair, hydrophane, de densité 2,05, qui a été étudiée par Dufrénoy (*op. cit.*, 217). Exposé à l'air, ce minéral se fendille et devient opaque.

Rhône. Les célèbres mines de Chessy ont fourni autrefois de grandes masses parfois zonées d'halloysite blanche, grise, verte, bleue, veinée de noir (oxyde de manganèse), englobant souvent des cristaux de chessylite et de cuprite (Drian, *op. cit.*, 400). Les échantillons conservés dans les collections sont d'une extrême fragilité Ils y sont le plus souvent désignés sous le nom d'*allophane*. Ils ne doivent toutefois pas être rattachés à cette espèce, car, d'après un essai de M. Gaubert, la perte au rouge n'est que de 17,5 °/₀ sur un échantillon conservé depuis longtemps au Muséum, mais qui n'avait pas été préalablement desséché à 100°.

Saône-et-Loire. L'halloysite a été signalée dans les mines de manganèse de Romanèche (Dufrénoy, *Minér.* III. 266. 1847).

2° *Dans les roches feldspathiques.*

Bassin houiller franco belge. — [*Belgique*]. Breithaupt a donné le nom de *galapectite* à une halloysite d'Angleur (près Liège). Il a donné le nom de *gummite* à une halloysite ayant l'apparence de la gomme et ne happant pas à la langue (*Vollständige Charact.* 99. 1832) provenant de la même localité ; il y a quelque incertitude sur la nature de ce minéral, car, dans son *Handb.d.Miner.*(1836), il cite ce gisement à la suite de l'analyse de collyrite des Pyrénées donnée plus loin.

Plateau Central. — *Haute-Vienne.* Salvétat a décrit sous le nom de *lenzinite* une sorte d'halloysite trouvée par M. des Cloizeaux dans la carrière de La Vilate près Chanteloube (*A. P. C.* XXXI. 112. 1851). Elle y forme de petits lits minces entre de grosses masses globulaires à structure caractéristique, formées de quartz et de mica avec souvent un centre de béryl : elle englobe aussi parfois des cristaux d'orthose.

Ce minéral est d'un brun jaune : il est mou et prend l'empreinte du

doigt, mais sans plasticité; par la dessiccation à l'air, la couleur devient plus foncée, le minéral durcit et prend alors le poli sous le frottement de l'ongle.

Vosges. — Les sources froides de Plombières renferment une variété d'halloysite connue sous le nom de *savon de Plombières*, qui provient de l'altération du granite. Depuis fort longtemps, elle a attiré l'attention. M. Mélèze a bien voulu faire pour moi des recherches bibliographiques à ce sujet et m'a communiqué les renseignements suivants. Ce minéral a été signalé tout d'abord par dom Calmet (*Traité hist. des eaux et bains de Plombières*, Nancy, 1748. 259), qui lui attribuait les propriétés de l'eau qui la renfermait.

Buch'oz a donné (*Wallerius Lothringiæ* ou *Catalogue des mines, terres, fossiles, sables et cailloux qu'on trouve dans la Lorraine et les Trois Évêchés*, Nancy, 289. 1768) de ses caractères extérieurs la description suivante :

« Dans le voisinage des sources savonneuses tout le sable et même le rocher le plus dur sont mêlés de morceaux, quelquefois considérables, d'une terre blanchâtre, pesante, ferme et compacte, luisante, polie, très douce et comme savonneuse au toucher.

Ces pierres varient dans leur couleur extérieure; tantôt elles sont toutes blanches sans aucun mélange, tantôt elles sont un peu plus ou moins couleur de noisette; et, comme dans le plus grand nombre c'est cette couleur qui paraît à leur surface, les gens du pays appellent cette substance *gris moisi*, pour exprimer sans doute l'espèce de couleur de gris taché et comme gâté qu'elle a assez communément.

Lorsque cette matière est fraîchement tirée de terre, elle *prête* tant soit peu sous les doigts; dans la bouche, elle semble tenir du savon, dont elle a l'apparence; elle tient un peu à la langue; mise dans l'eau, elle paraît devenir plus grasse, tant soit peu limoneuse et gluante; elle se ramollit même au point de se réduire en une espèce de bouillie ou de vase, sans néanmoins se dissoudre visiblement en entier : quoique gardée depuis longtemps, elle ne perd, au tact, rien de son poli ni de son onctuosité; mise au feu en masse, elle s'éclate en décrépitant et acquiert une qualité gypseuse. »

Berthier (*A. M.* III. 393. 1833) et J. Nicklès en ont donné l'analyse (*A. P. C.* LVI. 46. 1859) (analyse *g*) : ce dernier savant l'a désignée sous le nom de *saponite* : c'est la *smegmatite* de Naumann.

J'ai donné, page 476, la raison pour laquelle je place ce minéral avec l'halloysite et non avec la montmorillonite. Il forme, d'après M. Daubrée (*B. S. G.* XVI. 564. 1859), des veines de 2 à 3 cm d'épaisseur dans les filons de quartz et de fluorine à travers lesquels jaillissent les sources de Plombières. Sa formation paraît se continuer actuellement.

C'est probablement à la même substance qu'il faut assimiler des silicates d'alumine que M. Daubrée a signalés (*A. M.* VIII. 439. 1876) dans les sources thermales de Bourbonne-les-Bains (*Haute-Marne*) et de Saint-Honoré (*Nièvre*). Les produits analysés sont cependant trop impurs pour qu'il soit possible d'être plus affirmatif.

3° *Dans les assises sédimentaires.*

C'est à l'halloysite qu'il y a lieu de rapporter beaucoup d'argiles que l'on trouve dans les formations secondaires et tertiaires d'un grand nombre de localités françaises ; ce sont des roches plus ou moins souillées d'impuretés, grâce auxquelles la substance devient parfois fusible au chalumeau ; elles sont utilisées soit pour la fabrication de matériaux réfractaires (*argiles réfractaires*), de briques, etc. (*argiles plastiques*), pour absorber les graisses dans l'industrie des tissus (*terre à foulon*), etc.

Je me contenterai de signaler les gisements suivants, qui ont été cités ou étudiés : *argile plastique* des environs de Paris ; *smectite* de Condé près Houdan (*Seine-et-Oise*) (Salvétat : *A. P. C.* XXXI. 102. 1851) ; *argile réfractaire* de Forges (*Seine-Inférieure*), de Bolène (*Vaucluse*), de Breteuil (*Eure*), de la Grisière près Mâcon (*Saône-et-Loire*), etc.

Dordogne. On a vu plus haut que les amas de kaolin des Eysies étaient traversés par des filonnets d'halloysite blanche, translucide.

Landes. Le nom de *sevérite* a été donné à des argiles provenant de la partie supérieure des assises gypseuses des environs de Saint-Sever. Les analyses données jusqu'ici sont discordantes (Voir plus loin à *montmorillonite*).

D'après Léon Dufour, il y aurait à Saint-Sever trois variétés de ces argiles : l'une, jaune ou blanche, translucide ; une autre, grisâtre, noirâtre et opaque ; enfin, la troisième, d'un blanc souvent nacré, translucide, se brisant dans l'eau et se transformant en une poudre blanche par dessiccation. La collection du Muséum renferme sous le

nom de *sevérite* une argile blanche, onctueuse au toucher, ressemblant à du kaolin très pur et qui paraît appartenir à cette dernière variété.

L'examen microscopique montre qu'elle est homogène, très cristalline et qu'elle possède une structure rappelant celle du picrolite. D'après un essai fait par M. Gaubert, la perte d'eau totale (sans dessiccation préalable de l'échantillon sec) est de 20 °/₀; ce minéral doit être rapporté à l'halloysite ; il happe fortement à la langue.

Provence. — *Var.* La bauxite siliceuse de Brignolles est, d'après M. Lechatelier, une halloysite mécaniquement mélangée à de l'alumine hydratée libre.

MONTMORILLONITE

$H^2\ Al^2\ Si^4\ O^{12} + n\ Aq$

Faciès. La montmorillonite est un minéral onctueux, massif, à aspect compact. La structure cristalline n'est visible qu'au microscope. Le minéral se délaye dans l'eau sans faire pâte; souvent il ne happe pas à la langue. Parfois, au contact de l'eau, la substance sèche commence par éclater en petits fragments avant de se délayer.

Les variations de couleur sont nombreuses dans ce minéral et sont cause des appellations différentes qui ont été attribuées à des échantillons provenant de gisements différents bien que peu éloignés.

Dureté. Très tendre, se laisse couper en copeaux, comme le savon.

Densité. 2,04.

Coloration et éclat. Rose plus ou moins clair (*montmorillonite*, *confolensite*), rouge plus ou moins foncé (*delanouite*), blanc gris (*stéargillite*). Translucide sur les bords, transparente en lames minces.

Propriétés optiques. La montmorillonite, la confolensite et la delanouite sont très cristallines, entièrement formées par de petites lamelles enchevêtrées ou entrecroisées.

Composition chimique. M. Lechatelier, à qui l'on doit les analyses suivantes, admet la formule $H^2\ Al^2\ Si^4\ O^{12} + n$ aq ; il y a lieu de faire remarquer que la proportion d'eau des analyses publiées jusqu'alors varie beaucoup, ce qui tient en partie à ce que les produits analysés retiennent mécaniquement une quantité variable d'eau hygrométrique. Dans les produits de divers gisements il existe de la silice gélatineuse

que l'on peut séparer par le carbonate de sodium (Salvétat), du quartz, etc.

Analyses :

a) de la *montmorillonite*, par Salvétat (*A. P. C.* XXI. 376. 1847);

b) id. par M. Damour (*id.*);

c) de la *confolensite* de Confolens, par Berthier (*Tr. essais voie sèche*, I. 58. 1834);

d) de la *montmorillonite* de St-Jean de Cole, par Salvétat (*A. P. C.* XXXI. 105. 1851);

e) de la *stéargillite* de Poitiers, par Meillet (*in* Dx, *op. cit.*, I. 205);

f) de la *stéargillite* de Poitiers, par M. Lechatelier (*B. S. M.* X. 209. 1887);

g) de la *delanouite* de Millac, par Hauer (*K. geol. Reichs.* IV. 633. 1853);

h) de la *lenzinite* (*sevérite*) de Saint-Sever, par Pelletier (*J. P.* LXXXVI. 251. 1818).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)	*f*)	*g*)	*h*)
SiO^2	49,40	50,04	49,5	45,55	45,30	49,0	50,55	50
Al^2O^3 ...	19,70	20,16	18,0	22,60	23,30	23,1	19,15	22
Fe^2O^3 ...	0,80	0,68	»	1,05	»	2,4	»	»
FeO.....	»	»	»	»	1,21	»	»	»
MnO....	»	»	»	»	1,48	»	4,40	»
MgO....	0,27	0,23	2,1	0,30	»	»	»	»
CaO.....	1,50	1,46	2,1	1,66	»	0,5	0,63	»
K^2O.....	1,50	1,27	»	0,04	1,70	»	»	»
Na^2O.. .	traces	»	»	0,06	»	»	»	»
H^2O.....	25,67	26,00	28,0	26,20	27,00	23,7	24,05	26
	98,84	99,84	99,7	99,46	99,99	98,7	98,78	98

Essais pyrognostiques. Dans le tube donne beaucoup d'eau, la montmorillonite perd 6 °/₀ d'eau à 100°, la delanouite 14 °/₀.

Infusible au chalumeau; par calcination devient assez dure pour rayer le verre. Les variétés impures mélangées de calcite sont parfois fusibles. En partie décomposée par l'acide chlorhydrique, totalement par l'acide sulfurique.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La montmorillonite se rencontre à l'état pur :

1° Dans les assises sédimentaires ;

2° Dans les gisements métallifères ;

et peut-être :

3° Dans des roches éruptives (granulites).

Elle entre dans la composition de certaines argiles dans lesquelles elle est mélangée à diverses substances ; elle constitue alors une véritable roche, dont je n'ai pas à m'occuper ici.

1° *Dans les assises sédimentaires.*

Bordure ouest du Plateau Central. — *Vienne.* La montmorillonite a été trouvée pour la première fois en petits nids d'un rose clair, engagés dans une argile brune de Montmorillon (Damour et Salvétat : *A. P. C.* XXI. 376. 1847). La *stéargillite* a été trouvée dans un tunnel près de Poitiers. (Des Cloizeaux, *op. cit.*, I. 205).

Charente-Inférieure. La stéargillite a été découverte par Meillet (Dx, *op.*, *cit.* I. 205) en masses blanches, jaunes ou vert pistache, formant des amandes dans une argile traversant les calcaires de l'oolite inférieure près du village de Virollet sur le chemin de fer de La Rochelle. Elle serait inattaquable par les acides, caractère qui doit la faire distinguer des autres argiles de ce groupe ; je n'ai pas eu à ma disposition d'échantillons des localités précitées pour vérifier cette propriété, que je donne sous réserve.

Charente. La confolensite, d'un rouge plus pâle que la montmorillonite, provient des environs de Confolens (Berthier. *Tr. essais voie sèche*, I. 58. Dufrénoy *Minéral.* III. 583. 1856).

Dordogne. La confolensite a été trouvée aussi à Saint-Jean-de-Cole près Thiviers. La collection du Muséum renferme un échantillon rose vif donné par M. Delanoue et indiqué comme provenant de Mouges près Thiviers.

Gascogne. — *Landes.* Léon Dufour a décrit un minéral qu'il désigne sous le nom de *lenzinite* de Saint-Sever (*sevérite* de Beudant. *Tr. min.* II. 36. 1832). L'analyse qu'il donne d'après Pelletier rapproche ce minéral de la montmorillonite ; j'ai donné plus haut des analyses d'une substance désignée sous le même nom et qui en feraient une variété d'halloysite.

2° *Dans les gisements métallifères.*

Dordogne. Les mines de manganèse de Millac près Nontron renferment une variété de montmorillonite d'une couleur plus foncée que celle de Montmorillon. Kenngott l'a décrite sous le nom de *delanovite* (*Jahr. geol. Reichs.* IV. 633. 1853), Dufrénoy sous celui de *delanouite* (*Minéral.* III. 583. 1856).

3° *Dans des roches éruptives (granulites).*

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* Il faut peut-être rapprocher de la montmorillonite une argile curieuse trouvée par M. Baret dans la carrière du Rocher d'Enfer sur les bords de l'Erdre près de Nantes (*B. S. M.* VII. 118. 1884). Elle s'y trouve dans un filon de pegmatite traversant le gneiss.

Le minéral est rouge foncé ou rose clair; il possède un éclat gras; il est doux au toucher et se raye à l'ongle; il se coupe à la façon du savon et se délite à l'air. En contact avec l'eau, il blanchit et se désagrège en une poudre blanche, dont M. E. Bertrand a reconnu la cristallinité (*B. S. M.* VII. 119. 1884). Il est accompagné de kaolinite blanche.

La substance fond facilement en une masse blanche bulleuse. Sa densité est de 2,07. Elle se différencie essentiellement de la montmorillonite par sa résistance à l'action des acides.

M. Damour en a fait l'analyse suivante (*B. S. M.* VIII. 306. 1885).

SiO^2......	53,11
Al^2O^3.....	21,22
FeO......	1,04
MnO......	0,40
MgO.....	2,32
H^2O......	21,70
	100,58

conduisant à la formule : $2\,Al^2O^3,\ 9\,SiO^2,\ 12\,H^2O$.

Traitée par l'acide chlorhydrique, cette argile avait laissé dissoudre environ 3 °/₀ renfermant

$SiO^2 = 0,68$; $Al^2O^3 = 0,28$; $CaO = 1,24$; $MgO = 0,62$; $K^2O = 0,13 = 2,95$.

L'examen microscopique montre que le minéral épigénise du feldspath; il est constitué par de petites lamelles orientées parallèlement à l'axe vertical de celui-ci : les plages sont traversées par des fissures

remplies par le même minéral présentant une autre orientation. Il y a, en outre, des produits colloïdes.

Morbihan. Sous le nom de *landevanite*, M. de Limur a distribué à ses correspondants une argile rose provenant de Landevan et résultant de la décomposition d'une pegmatite riche en albite : elle présente au microscope une structure cristalline comparable à celle des bords de l'Erdre. Les produits colloïdes y abondent. On reconnaît encore la forme et les macles de l'albite, décelées par la disposition des produits cristallins.

ALLOPHANE

$$Al^2\ SiO^5 + 5\ H^2O\ (?)$$

Faciès. L'allophane se présente en enduits ou en masses mamelonnées rappelant parfois l'aspect de la hyalite.

Cassure. La cassure est imparfaitement conchoïdale ou terreuse.

Dureté. 3. Le minéral recueilli dans son gisement est tendre et même parfois comme gélatineux. En séchant, il durcit et devient très fragile; il perd en même temps sa transparence.

Densité. 1,75 à 1,89; 1,79 (Firmy).

Coloration et éclat. Incolore, blanche, jaune, bleu pâle, d'un vert plus ou moins foncé. Certaines variétés sont colorées par des oxydes métalliques (fer, cuivre, manganèse).

Éclat vitreux ou un peu résineux. Translucide.

Examen microscopique. L'examen microscopique d'un échantillon de l'allophane de Beauvais qu'a bien voulu me donner M. Damour montre, dans une masse colloïde, quelques lamelles biréfringentes semblables à celles des argiles précédentes. La plus grande partie des allophanes sont complètement colloïdes.

Composition chimique. La formule $Al^2\ SiO^5 + 5\ H^2O$ correspond à la composition donnée en *a*). Quelques allophanes renferment 6 H^2O (analyse *b*). Beaucoup sont mélangées d'autres substances (chrysocole, etc).

Analyses : *c*) de l'allophane de Firmy (*Aveyron*), par Guillemin (*A. M.* I. 178, 1832);

d) de l'allophane de Marissel, par Berthier (*A. M.* IX. 498. 1836);

e) du produit pulvérulent résultant de l'altération de *d*).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)
SiO^2	23,8	22,2	23,76	21,9	26,3
Al^2O^3 ...	40,5	37,8	39,68	29,2	34,2
CaO.....	»	»	0,65	»	1,9
H^2O	35,7	40,0	35,74	44,2	38,0
Argile ...	»	»	»	4,7	»
	100,0	100,0	99,83	100,0	100,0

Essais pyrognostiques. Donne beaucoup d'eau dans le tube. Au chalumeau, décrépite, mais reste infusible. Donne avec l'azotate de cobalt la réaction de l'alumine. Décomposée par l'acide chlorhydrique en faisant gelée. Les variétés colorées donnent avec les flux les réactions des oxydes métalliques qui les colorent (cuivre, fer, manganèse).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'allophane est un produit de décomposition des silicates renfermant de l'alumine; on la trouve :

1° Dans des gisements métallifères;

2° Dans les assises sédimentaires et particulièrement dans les couches carbonifères;

3° Dans les fissures de roches feldspathiques diverses.

1° *Dans les gisements métallifères.*

Pyrénées. — *Pyrénées-Orientales*. L'allophane a été signalée avec chrysocole dans les mines de cuivre de Canaveilles (Dx, *op. cit.*, I. 198)[1].

2° *Dans les assises sédimentaires.*

Bassin houiller franco-belge. L'allophane se rencontre en divers points du bassin franco-belge, mais c'est en Belgique, dans les calcaires carbonifères de Visé près Liège, qu'ont été recueillis les plus beaux échantillons de ce minéral en mamelons d'un blanc nacré, parfois translucides et rappelant alors la hyalite.

1. L'allophane a été aussi signalée à Chessy (*Rhône*) : l'échantillon que j'ai examiné doit être rapporté à l'halloysite (voir page 477).

Bassin de Paris. — *Oise*. Berthier a décrit (*A. M.* IX. 498. 1836) une allophane qui se présentait en petits nids dans la craie de la côte St-Antoine près Marissel. Elle y formait des masses jaune de miel transparentes ou translucides à apparence cristalline à l'extérieur (analyse *b*) qui devenaient terreuses (analyse *e*) par altération.

Plateau Central. — *Aveyron*. L'allophane a été trouvée en grande abondance dans les mines de houille de Firmy. D'après Guillemin, qui l'a décrite (analyse *c*) (*A. M.* I. 176. 1832), elle s'est rencontrée exclusivement dans les galeries passant à 8 mètres au-dessous d'un ravin dont les infiltrations lui auraient donné naissance. Elle remplissait les fissures de la houille et constituait des masses atteignant la grosseur du poing ; elle était blanche, un peu jaunâtre, mamelonnée et possédait l'éclat résineux. Au sortir de la mine, le minéral immergé dans l'eau était translucide, mais il devenait rapidement opaque par exposition à l'air.

3° *Dans les fissures de roches diverses.*

Cévennes. — *Gard*. Dans une note publiée en 1859 (*Examen d'un minéral qui présente les caractères de l'allophane*. Paris), M. Ph. Mingaud à signalé l'allophane dans les fissures du granite de la Beaumette près Saint-Jean-du-Gard.

COLLYRITE

$$Al^4 Si O^8 + 9 H^2 O \ (?)$$

La collyrite est une argile happant fortement à la langue et formant des masses concrétionnées. L'examen microscopique de la collyrite du val de Squiéry ne décèle qu'une masse colloïde au milieu de laquelle se trouvent quelques lamelles biréfringentes.

Dureté. 1. Fragile. Toucher gras.

Densité. 2 à 2,15.

Coloration et éclat. Blanc de neige, blanc grisâtre ou rougeâtre. Mate, faiblement luisante dans la raclure. Opaque, mais devenant translucide par immersion dans l'eau en se fendillant.

Composition chimique. La formule donnée plus haut correspond à la composition *a*).

b) Analyse de la collyrite du val de Squiéry par Berthier (*A. P. C.* XXXII. 332).

	a)	*b*)
SiO^2.....	14,1	15,0
Al^2O ...	47,8	44,5
H^2O.....	38,0	40,5
	100,0	100,0

Essais pyrognostiques. Donne de l'eau dans le tube. Infusible au chalumeau. Décomposée par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La collyrite est un produit de décomposition de silicates alumineux. On la rencontre :

1° Dans des gisements métallifères ;

2° Dans des assises sédimentaires.

1° *Dans des gisements métallifères.*

Pyrénées. — *Haute-Garonne*. Berthier a donné l'analyse *b*) d'une collyrite provenant du val de Squiéry qui débouche dans la vallée d'Oo (rive gauche) à environ 4 kilomètres au sud du village d'Oo. Elle formait des enduits et des masses concrétionnées d'un blanc verdâtre dans une mine de galène.

Cette collyrite se trouve dans les vieilles collections sous le nom de collyrite d'Ezquerry, d'Ezquerra ou d'Oo.

2° *Dans les assises sédimentaires.*

Vienne. M. des Cloizeaux a signalé la collyrite aux environs de Poitiers (*op. cit.*, I. 199) sans indication plus précise.

Les noms de *mélinite*, de *vierzonite*, de *gelberde* ont été donnés à des argiles ocreuses jaunes, à structure plus ou moins feuilletée. Elles happent à la langue, prennent de l'éclat par le frottement, se brisent sous l'eau en y devenant quelquefois plastiques. Elles sont friables, tachent les doigts, possèdent une densité d'environ 2,24. Au chalumeau, elles sont infusibles, mais deviennent noires et magnétiques à la flamme; attaquées en partie par l'acide chlorhydrique.

Ces argiles sont certainement des mélanges et ne correspondent pas à un type chimique défini; elles font partie de diverses formations sédimentaires à Vierzon (*Cher*), à Pourrain près Auxerre (*Yonne*), à Saint-Amand en Puisaye (*Nièvre*), etc. (Dx, *op. cit.*, I. 209).

Le nom de *bol* a été attribué à des argiles ferrugineuses à cassure conchoïde devenant brillantes par le frottement, brunes ou rouges plus ou moins foncées.

Dans l'eau, ce minéral se brise brusquement en petits fragments, sans se ramollir. Sa dureté est de 1,5 à 2. Sa densité, de 1,6 à 2. Fusible au chalumeau en un émail brun ou noir. En partie attaquable par l'acide chlorhydrique.

L'analyse suivante due à Löwig a été faite sur le bol du puy de Prudelles (*Puy-de-Dôme*) (*in* des Cloizeaux, *op. cit.*, I. 209).

SiO^2..........	41,05
Al^2O^3........	25,03
Fe^2O^3.........	8,09
MgO..........	0,50
CaO..........	0,45
H^2O..........	24,02
	99,14

Le bol se trouve : 1° dans les cavités des basaltes et souvent comme produit ultime de la décomposition d'enclaves ou des roches granitiques qui se trouvent à son contact; 2° dans les fissures de roches sédimentaires [dans calcaire de Laversines près Beauvais (*Oise*) (Dx, *op. cit.*, I, 208), dans les calcaires jurassiques des environs de Mâcon (La Grisière en Flacé, Crèches, Saint-Gengoux-le-National) (*Saône-et-Loire*)].

NONTRONITE

$H^6 Fe^2 Si^3 O^{12} + 2 H^2 O$ (?)

Orthorhombique (?).

Faciès. La *nontronite* ou *chloropale* forme des masses compactes, rarement un peu schisteuses, à cassure inégale ou écailleuse. La *pinguite* se rencontre sous forme d'enduits dans les fentes de diverses roches. La nature cristalline du minéral, considéré jusqu'à présent comme amorphe, n'est décelée qu'au microscope, mais elle est extrêmement nette.

Dureté. 1 à 2. Onctueuse au toucher.

Densité. 2,08 à 2,35 (pinguite de Feurs) (Gonnard).

Coloration et éclat. Jaune paille, jaune serin un peu verdâtre. Mate; raclure à éclat brillant. Opaque; devient translucide par immersion dans l'eau, avec absorption de $^1/_{10}$ de son poids d'eau en dégageant des bulles d'air. Transparente en lames très minces.

Propriétés optiques. La *nontronite* et sa variété désignée sous le nom de *pinguite* montrent en lames minces une structure cristalline des plus marquées. Le minéral est formé par de fines lamelles généralement groupées en masses réniformes, festonnées ou sphérolitiques.

L'allongement des fibres est toujours *positif* : l'extinction se fait suivant leur longueur. Les axes optiques paraissent assez écartés autour de la bissectrice aiguë *négative*, normale à une face d'aplatissement. La biréfringence est assez grande, car, dans les lames très minces, le minéral dépasse la teinte sensible du premier ordre; elle ne disparaît pas après chauffage à 240°.

Pléochroïsme. Les fibres de nontronite présentent un pléochroïsme net ;

$\mathbf{n}_g$ et $\mathbf{n}_m$ = jaune à vert jaune ;
$\mathbf{n}_p$ = jaune pâle ou incolore.

Composition chimique.

a) Composition théorique correspondant à la formule $H^6 Fe^2 Si^3 O^{12} + 2 H^2 O$.

Analyses : *b*) de la nontronite de Nontron, par Berthier (*A. P. C.* XXXVI. 22. 1827);

c) de Villefranche, par Dufrénoy (*A. M.* III. 393. 1833);

d) De Montmort, par Jacquelain. (*A. P. C.* LXVI. 101. 1837).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)
SiO^2	41,9	44,0	40,68	41,31
Fe^2O^3	37,2	29,0	30,19	35,69
Al^2O^3	»	3,6	3,96	3,31
MgO	»	2,1	2,37	»
CaO	»	»	»	0,19
CuO	»	»	»	0,90
H^2O	20,9	18,7	23,00	18,63
Argile	»	1,2	»	»
	100,0	98,6	100,20	100,03
Densité	»	»	2,08	»

Essais pyrognostiques. Dans le tube, donne de l'eau. Au chalumeau, noircit et devient magnétique, mais ne fond pas. Décomposée par l'acide

chlorhydrique en faisant gelée (*nontronite*) ou en donnant de la silice pulvérulente (*pinguite*).

Diagnostic. Les enduits jaunes de pinguite rappellent ceux de damourite secondaire qui tapissent parfois les fentes des roches granitiques, bien qu'ils ne soient pas translucides. Les réactions au chalumeau constituent un excellent diagnostic différentiel de ces deux minéraux.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La nontronite ne se rencontre que dans un très petit nombre de gisements français, où elle est peu abondante; elle résulte de la décomposition de diverses roches et particulièrement de roches granitiques. On la trouve :

1° Dans des gisements métallifères;
2° Dans les fissures de roches granitiques;
3° Dans des roches sédimentaires.

1° *Dans un gisement métallifère.*

Plateau Central. — *Dordogne*. La nontronite a été décrite par Berthier sur des échantillons (*A. P. C.* XXXVI. 22. 1827) provenant de Saint-Pardoux près Nontron ; elle y forme, dans une mine de psilomélane, des rognons atteignant parfois la grosseur du poing. Ils sont rarement purs et se divisent aisément en masses irrégulières souvent enduites d'une pellicule d'oxyde de manganèse. Ces nodules sont reliés entre eux par une argile jaune micacée.

Charente. La collection du Muséum renferme un échantillon de nontronite, analogue à celle de Saint-Pardoux ; il est indiqué comme provenant de la mine de galène de Chéronies ; je n'ai pu vérifier l'authenticité de cette provenance.

2° *Dans les fissures des roches granitiques.*

Plateau Central. — *Haute-Vienne*. La nontronite en masses jaune serin à cassure grenue a été trouvée dans les carrières de kaolin de Marcognac près Saint-Yrieix (Dx, *op. cit.*, I. 210).

Loire. M. Gonnard a signalé la variété *pinguite* en enduits jaune serin dans les fissures de la granulite coupée par le chemin de Salvizinet à Sivain à environ 4 kilomètres de la gare de Feurs (*B. S. M.* V. 326. 1883).

Saône-et-Loire. L'analyse *c*) a été faite par Jacquelain sur une nontro-

nite trouvée en très petite quantité dans les fentes du granite de Montmort. J'ai entre les mains l'échantillon analysé par ce savant : il est identique à la nontronite de Nontron; il a la grosseur d'un œuf de pigeon.

3° *Dans les roches sédimentaires.*

Plateau Central. — *Rhône.* Dufrénoy a analysé (analyse *b*) une nontronite vert jaunâtre opaque formant de petits amas dans des grès placés à la séparation du lias et du granite de Villefranche; il n'indique pas de quel Villefranche il s'agit, mais, d'après la nature des roches de ce gisement, il paraît probable que c'est de Villefranche dans le département du Rhône.

SILICATES INTERMÉDIAIRES

GROUPE DE LA MÉLILITE

Le groupe de la mélilite est formée par les espèces quadratiques suivantes :

Mélilite....... $(Ca\ Mg)^{12}\ (Al\ Fe)^4\ Si^9\ O^{36}$
Gehlenite ..... $(Ca\ Mg)^3\ Al^2\ Si^2\ O^{10}$
Åkermanite ... $(Ca\ Mg)^4\ Si^3\ O^{10}$

Ces subtances se rencontrent plus souvent dans les scories de diverses usines métallurgiques que dans la nature ; l'åkermanite n'est connue qu'à l'état artificiel. Je n'ai à m'occuper ici que de la mélilite.

M. J. H. Vogt considère tous les minéraux artificiels de ce groupe comme le résultat du mélange en proportions variables d'åkermanite et de gehlenite (*Arch. math. og naturvid. Kristiania*, XIII. 1890).

MÉLILITE

Quadratique.

$$b : h = 1.000 : 642,857. \qquad D = 707,106 \text{ (Dx)}.$$
$$[a : c = 1 : 0,90913]$$

Formes observées. La *mélilite* ou *humboldtilite* ne se trouve en France sous forme de cristaux distincts que dans les scories de diverses forges et plus rarement dans les résidus des fours à chaux. Elle se présente en prismes quadratiques p (001), m (110), h^1 (100) aplatis et quelquefois lamellaires suivant la base.

Macles. Macles dans lesquelles l'axe vertical de l'un des individus

composants fait avec celui du voisin un angle de 90°. Ces macles conduisent à des groupements pseudocubiques décelés seulement par les propriétés optiques.

Clivages. Clivage parfait suivant p (001), très difficile suivant m (110); cassure conchoïde ou inégale.

Dureté. 5 à 5,5.

Densité. 2,9 à 3,10. La densité des produits artificiels est souvent un peu plus faible, sans doute à cause de l'existence d'inclusions de matière vitreuse plus légère; 2,91 Saint-Nazaire (M. Fouqué).

Coloration et éclat. Blanche, jaune pâle, jaune vif, brune.

Éclat vitreux, éclat résineux dans la cassure. Transparente ou translucide.

Inclusions. La mélilite des roches volcaniques renferme souvent des inclusions cunéiformes (*structure en cheville*) disposées perpendiculairement à la base, qui paraissent devoir leur existence à des produits d'altération (Gentil : *B. S. M.* XVII. 108. 1894). Cette structure en cheville ne s'observe pas dans la mélilite des gisements français.

La mélilite artificielle renferme souvent des inclusions vitreuses ou cristallines régulièrement distribuées (fig. 1 et 2).

Propriétés optiques. La mélilite naturelle est uniaxe et *négative.* Sa biréfringence est faible.

$\mathbf{n}_g^{\omega} = 1,6339$ (Na) (Somma) (Henninger);
$\mathbf{n}_p^{\varepsilon} = 1,6291$;
$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0,005$ en moyenne.

Dans les minéraux artificiels de ce groupe, il existe plusieurs types, les uns optiquement *négatifs*, comme les cristaux naturels, les autres *positifs*; entre eux existent des variétés intermédiaires de moins en moins biréfringentes ou même tout à fait monoréfringentes. Elles ont été étudiées en grand détail par M. Vogt, qui a interprété de la façon suivante les variations de biréfringence (*op. cit.*).

D'après lui, les minéraux de ce groupe seraient optiquement positifs dans les mélanges intermédiaires entre l'akermanite pure et les proportions de 7 parties d'åkermanite et de 3 de gehlenite. Le mélange dans lequel le rapport d'åkermanite à gehlenite est de 6 à 4 serait monoréfringent, alors que les corps plus riches en gehlenite seraient optiquement négatifs.

Dans les produits artificiels de Saint-Nazaire, M. Fouqué a trouvé que les sections parallèles à l'axe vertical se divisent entre les nicols

croisés en quatre secteurs s'éteignant suivant les côtés du cristal. Chacun des secteurs a son axe n_g perpendiculaire à l'une des faces de la figure quadratique. Ces groupements pseudocubiques s'expliquent aisément par la macle à 90° dont il a été question plus haut. Il est assez curieux de constater que cet assemblage pseudocubique n'a souvent

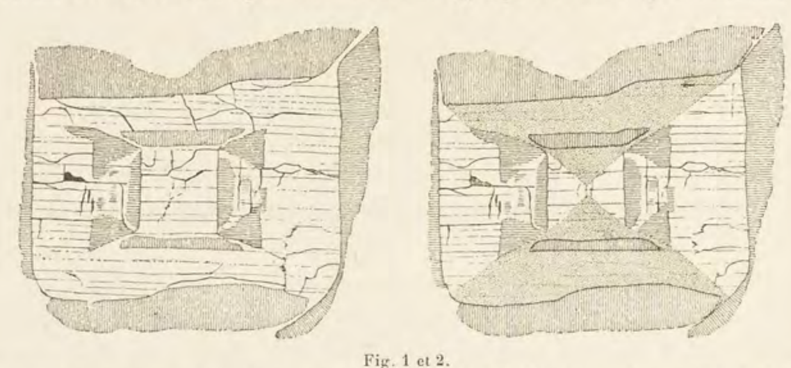


Fig. 1 et 2.
Lames minces de la mélilite, *optiquement positive*, des forges de Saint-Nazaire ; sections *m* (110). La fig. 1 (lumière naturelle) montre la disposition des zones cristallitiques. Dans la fig. 2, l'introduction d'un mica 1/4 d'onde a permis de mettre en évidence le groupement pseudocubique (Lumière polarisée).

qu'un seul clivage parallèle à la base de l'un des individus de l'assemblage (fig. 1 et 2, d'après M. Fouqué).

Ces cristaux présentent des zones concentriques formées par une matière vitreuse imparfaitement dévitrifiée en microlites dont le grand axe (n_g) est perpendiculaire aux faces *p* (001) de l'assemblage. Leur biréfringence maximum ($n_g - n_p$) est de 0,004.

Composition chimique. Analyses :

a) de la mélilite artificielle de Janson près Saint-Etienne, par Berthier ;

b) de la mélilite positive artificielle de Saint-Nazaire, par M. Fouqué (*B.S.M.* IX. 287. 1886).

	a)	*b*)
SiO^2	36,6	37,60
Al^2O^3	18,4	12,26
CaO	34,6	40,11
MgO	4,8	9,33
MnO	»	»
FeO	2,0	traces
K^2O	2,2	traces
	98,6	99,30

La mélilite naturelle renferme généralement de 2 à 4 °/₀ d'alcalis. La proportion du fer (Fe^2O^3) y atteint 10 °/₀ ; la variété humboldtilite est moins ferrugineuse.

Essais pyrognostiques. Facilement fusible au chalumeau en un verre incolore, jaune ou vert. Attaquée par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

Diagnostic. La réfringence relativement forte de la mélilite permet à elle seule de distinguer ce minéral des minéraux peu biréfringents qui l'accompagnent dans les roches volcaniques. La structure en cheville, quand elle existe, est très caractéristique.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La mélilite se trouve en France dans les deux conditions suivantes :

1° Dans les néphélinites;

2° Dans les scories d'usine.

1° *Dans les néphélinites.*

La mélilite n'existe que comme élément accessoire dans deux des néphélinites décrites plus loin : celle d'Essey-la-Côte (*Vosges*), où elle est accompagnée de pérowskite, et celle de l'île de Rachgoun (*Oran*). Dans ces deux gisements, elle est peu abondante et toujours *microscopique.*

2° *Dans les scories d'usine.*

Les usines qui fournissent des cristaux de mélilite sont principalement celles où l'on traite les minerais de fer. Les cristaux qui s'y forment sont parfois fort beaux, atteignant plusieurs centimètres. J'ai rencontré le même minéral dans des blocs très cristallins provenant d'un four à chaux. Je citerai quelques gisements afin d'attirer l'attention des minéralogistes sur ces produits, dont l'étude de M. Vogt a montré tout l'intérêt.

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* M. Fouqué a décrit (*B. S. M.* IX. 287. 1886) une mélilite optiquement positive recueillie par M. de Limur aux forges de Saint-Nazaire. La scorie en question est gris clair; elle est formée de globules à zones concentriques ayant de 1 à 2^{mm} de diamètre, pressés les uns contre les autres. Les zones sont alternativement vitreuses (minéral cristallisé) ou nacrées (minéral cristallitique). Les propriétés optiques de ce produit ont été données plus haut.

Dans les scories d'un four à chaux d'Arthon, j'ai trouvé des cristaux de mélilite; ils sont lamelleux suivant la base, jaunes, parfaitement

transparents, à un axe *positif*, et tapissent des géodes d'un pyroxène de la même couleur : ils ont de $0^{mm}5$ à 1^{m} d'arête.

Plateau Central. — *Loire*. L'analyse de Berthier donnée plus haut a été faite sur des cristaux provenant de Jason près Saint-Étienne.

GROUPE DE LA NÉPHÉLINE

Le groupe de la néphéline est constitué par les espèces suivantes, qui toutes sont hexagonales :

Néphéline......	$K^2\ Na^6\ Al^8\ Si^9\ O^{34}$;
Phacélite	$K\ Al\ Si\ O^4$ ou $K^2\ Na^6\ Al^8\ Si^9\ O^{34}$;
Eucryptite	$Li\ Al\ Si\ O^4$;
Microsommite ..	$(Na, K)^{10}\ Ca^4\ Al^2\ Si^{12}\ O^{52}\ S\ Cl^4$;
Cancrinite	$H^6\ Na^6\ Ca\ (Na\ CO^3)^2\ Al^8\ Si^3\ O^{36}$.

Je n'ai à m'occuper que des deux termes extrêmes du groupe.

NÉPHÉLINE

$K^2\ Na^6\ Al^8\ Si^9\ O^{34}$

Hexagonale.

$$b : h = 1000 : 835,824\ (Dx)$$
$$[a : c = 1 : 0,83582]$$

Formes observées. p (001), m $(10\bar{1}0)$.

Faciès de cristaux. Les cristaux de néphéline sont, soit légèrement allongés suivant l'axe vertical, soit aplatis suivant la base.

Clivages. Clivage difficile suivant m $(10\bar{1}0)$, devenant facile dans la néphéline en voie d'altération et suivant p (0001). Cassure inégale.

Dureté. 5 à 6. Fragile.

Densité. 2,5 à 2,65.

Coloration et éclat. Blanche ou jaunâtre, verdâtre, brun rougeâtre. Éclat gras. Transparente ou translucide.

Propriétés optiques. Uniaxe et *négative* (n_p).

$n_g = 1{,}5469$ néphéline (éléolite de l'Arkansas) Penfield ;
$n_p = 1{,}5422$;
$n_g - n_p = 0{,}0047$.

Groupements réguliers de néphéline et de pyroxène. Dans la néphélinite porphyroïde du puy de Saint-Sandoux, j'ai observé des associations pegmatoïdes de néphéline et d'augite. Ce dernier minéral y joue le même rôle que le quartz dans la pegmatite graphique. On trouve aussi des groupements ophitiques des mêmes minéraux. Dans les néphélinites, la néphéline forme des associations pœcilitiques avec l'augite et la magnétite; ces deux minéraux en grains ou en cristaux sont alors englobés par de grandes plages de néphéline.

Composition chimique. La formule donnée plus haut correspond à la composition suivante :

SiO^2........	=	44,0
Al^2O^3.......	=	33,2
Na^2O.......	=	15,1
K^2O........	=	7,7
		100,0

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, la néphéline est fusible en un verre incolore. Décomposée par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

Altérations. Les produits d'altération de la néphéline sont assez nombreux; tous ceux qui vont être énumérés se rencontrent dans la syénite néphélinique de Pouzac. Ils sont communs à la sodalite du même gisement.

1° Transformation en zéolites. La néphéline et la sodalite sont peu à peu remplacées par un agrégat de petites fibres ou de quelques plages de mésotype et d'hydronéphélite; quand la transformation est complète, le minéral prend une teinte rougeâtre et rappelle certains *spreusteins* de Norwège.

Dans la néphélinite porphyroïde du puy de Saint-Sandoux, la néphéline est, en outre, imprégnée de christianite.

2° Transformation en mica. Ce mode de transformation est de beaucoup le plus fréquent à Pouzac. Le long des clivages largement ouverts de la néphéline, s'accolent des lamelles d'un mica blanc potassique

à axes rapprochés qui progressivement épigénisent totalement le minéral primordial, le transformant en un produit analogue à la *gieseckite* du Groenland et à la *liebenérite* de Predazzo. Souvent la formation de ce mica blanc est accompagnée de celle de calcite. Ces pseudomorphoses de néphéline ont une couleur gris verdâtre.

3° Transformation en cancrinite. La néphéline craquelée ou clivée est imprégnée par la cancrinite, qui l'imbibe en quelque sorte, se glissant dans ses plus fines fissures; peu à peu, elle épigénise complètement la néphéline. En général, dans un même cristal de néphéline, toute la cancrinite secondaire a une orientation unique, qui est fréquemment celle de la néphéline.

4° Transformation en grenat. Je n'ai observé ce genre d'épigénie de la néphéline que dans la syénite de Pouzac; le grenat grossulaire (voir p. 228) s'insinue entre les clivages de la néphéline ou la remplace complètement.

5° Transformation en produits amorphes. Dans les enclaves homœogènes des phonolites de Brocq en Menet (*Cantal*), j'ai souvent trouvé la néphéline transformée en une substance fibreuse rose ou brunâtre, sans action sur la lumière polarisée.

Diagnostic. Parmi les éléments des roches, la néphéline ne peut guère être confondue qu'avec l'apatite, hexagonale comme elle, qui s'en distingue aisément, notamment par sa réfringence beaucoup plus grande. Les fréquentes altérations de la néphéline sont aussi très caractéristiques.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La néphéline ne se rencontre que dans les roches éruptives. Je la considérerai successivement dans les roches suivantes :

1° Dans les syénites néphéliniques ;

2° Dans les phonolites et leurs enclaves homœogènes ;

3° Dans les néphélinites et les téphrites.

Elle a été signalée en outre :

4° Dans des enclaves énallogènes de roches volcaniques.

1° *Dans les syénites néphéliniques.*

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. Le seul gisement de ce genre qui existe en France se trouve près de Bagnères-de-Bigorre, à la halte de

Pouzac. C'est une roche de couleur claire, rappelant comme aspect extérieur la *foyaïte* du Portugal. Les feldspaths (orthose, anorthose, etc.) sont aplatis suivant g^1 (010) ; ils laissent entre eux des vides polyédriques de 1 à 2 millimètres, remplis par la néphéline ; par suite celle-ci ne présente pas de formes propres, à moins qu'elle ne soit englobée par des feldspaths. Elle est souvent altérée et montre tous les modes de décomposition décrits plus haut. J'ai étudié en détail cette roche (*B.S.G.*XVIII.511. 1890), qui est la seule syénite néphélinique française.

2° *Dans les phonolites et leurs enclaves homœogènes.*

Les phonolites peuvent être divisées en deux grands groupes : celui des phonolites néphéliniques, dans lesquelles la néphéline est visible au microscope, et les phonolites feldspathiques, qui ne contiennent pas ce minéral, au moins d'une façon apparente, tout en renfermant en grande abondance une substance monoréfringente, attaquable par les acides, qui doit dans un grand nombre de cas être rapportée à un minéral du groupe sodalite-haüyne.

Les phonolites néphéliniques françaises ne présentent pas de néphéline en grands cristaux ; ce minéral s'y trouve toujours comme élément du second temps de consolidation. Au microscope, il apparaît sous forme de petits prismes hexagonaux raccourcis dont les contours sont très distincts, surtout quand ils sont entourés par de l'œgyrine. Parfois aussi la néphéline est dépourvue de formes géométriques.

Les phonolites néphéliniques dominent dans le Velay (*Haute-Loire*), et notamment dans les gisements suivants : Liberté, le Mézenc, le Mazel, Alambre, Montvert, la Tortue, Ardennes, le Mégal, Le Pertuis, etc. (Boule : *B. C. F.* n° 28, 161. 1892) ; on les rencontre aussi dans le *Cantal* (Font de Cère, Vensac, Brocq en Menet, etc.) et plus rarement encore dans le *Puy-de-Dôme* [Puy Cordé et environs du Puy Gros au mont Dore (Michel Lévy : *B. S.G.* XVIII. 822. 1890)], où dominent les phonolites feldspathiques.

Dans les enclaves homœogènes (syénites néphéliniques) des phonolites du Pertuis (*Haute-Loire*) et de Brocq en Menet (*Cantal*), j'ai trouvé la néphéline en abondance (surtout à Brocq). On l'y voit à l'œil nu, car elle y forme parfois des plages de plusieurs millimètres. En général, elle moule les feldspaths comme dans la syénite néphélinique de Pouzac ; rarement elle se présente sous forme de prismes hexagonaux

inclus dans la sanidine. Elle est parfois transformée en un produit colloïde rose ou brunâtre. (*Les encl. des roches volc.* 421.)

Dans tous les gisements qui viennent d'être énumérés, la néphéline se présente en cristaux *microscopiques* comme élément de roches; ce minéral ne se présente en cristaux drusiques que dans le gisement suivant :

Haute-Loire. L'existence de cristaux de néphéline dans les druses de la phonolite du Mézenc a été signalée à Costebelle par L. Pascal. M. Bourgeois a retrouvé le même minéral près de la ferme de Jacassy sur le sentier conduisant du village des Estables au sommet du Mézenc (*B. S. M.* VI. 16. 1883). Les cristaux de la forme p (0001), m (10$\bar{1}$0) ne dépassent pas 1^{mm}; ils sont accompagnés de sphérolites de mésotype formés à leurs dépens. D'après les indications que m'a fournies M. Boule, ce gisement peut être indiqué avec précision de la façon suivante : à 100^{m} au N.-O. de la maison forestière du Mézenc, dans un sentier forestier sur le flanc sud du mont d'Alambre.

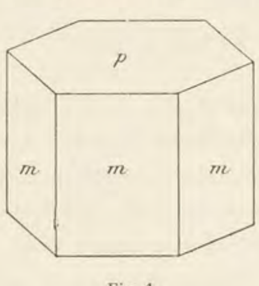


Fig. 1.
Néphéline de Mézenc.

Madagascar. — Des phonolites néphéliniques avec néphéline abondante et parfois visible à la loupe se trouvent entre la baie de Diego Suarez et la baie du Courrier. L'étude microscopique en a été faite par M. Fouqué (*B. S. M.* XVII. 565. 1894). C'est dans cette roche que j'ai observé l'analcime signalée tome II.

3° *Dans les néphélinites et les téphrites.*

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme*. Les roches basiques à néphéline ont été longtemps considérées comme absolument absentes du Plateau Central; j'en ai décrit (*C. R.* XVI. 1075. 1893) de remarquables, formant une grande partie du puy de Saint-Sandoux (Barneire). Ce sont des néphélinites et des téphrites ne différant pas, par leur faciès extérieur, des basaltes feldspathiques de cette région; mais, en divers points du pays et particulièrement sur le bord du petit lac, au point 843 de la carte d'État-major et au sommet du puy, se rencontre une roche à grands éléments dans laquelle, à l'œil nu, on observe des cristaux de néphéline atteignant fréquemment 5 à 6^{mm} suivant leur axe

vertical; ils sont associés à divers minéraux noirs. D'après les indications que je dois à M. Paul Gautier, qui m'a recueilli de nombreux échantillons, cette roche doléritique formerait la partie supérieure des coulées de néphélinite compacte.

Au microscope, on constate que la structure de cette roche est très variable : certains échantillons, en effet, sont presque holocristallins, constitués par de l'augite titanifère bordée d'œgyrine, d'ænigmatite, de magnétite titanifère, d'apatite, de grands cristaux de néphéline (et parfois d'un minéral cubique du groupe haüyne-sodalite) moulés par un peu d'orthose et de feldspath triclinique.

Dans d'autres, au contraire, ces grands cristaux sont englobés par un résidu vitreux riche en microlites palmés de feldspath qu'accompagnent des cristallites d'augite, d'olivine et d'œgyrine.

L'augite est souvent associée à la néphéline sous forme de pegmatite graphique ou d'ophite. Cette roche a subi de nombreuses actions secondaires; dans quelques échantillons, la néphéline est entièrement transformée en un agrégat de petits cristaux maclés de christianite, associés à de la mésotype et à de l'hydronéphélite; l'olivine est en même temps transformée en produits ferrugineux.

Vosges.— L'existence de la néphélinite à Essey-la-Côte a été signalée pour la première fois par M. Vélain (*B. S. G.* XIII. 585. 1885). Dans les échantillons qu'il m'a remis, j'ai trouvé de la mélilite et de la pérowskite. Cette roche présente l'apparence d'un basalte compact. J'y ai trouvé de petites enclaves homœogènes avec grands cristaux de néphéline analogues à ceux de Rougiers.

Provence. — *Bouches-du-Rhône*. La néphélinite de Rougiers ressemble à un basalte compact. Au microscope, on voit l'olivine englobée dans un magma microlitique formé d'augite, de magnétite titanifère et de néphéline formant de petites plages irrégulières ou de grandes plages pœcilitiques (Michel Lévy et Collot. *C. R.* CVIII. 1124. 1889).

M. Collot m'a remis des échantillons doléritiques de cette même roche offrant une structure différente. A l'œil nu, on y distingue des prismes hexagonaux verdâtres de néphéline atteignant 5^{mm} de longueur et des cristaux d'augite. Au microscope, on constate que la roche est holocristalline; les grands cristaux à formes nettes d'augite

titanifère bordés d'œgyrine et d'aiguilles d'apatite sont englobés par des prismes de néphéline qui à leur tour sont moulés par de la sanidine en grands cristaux (2 V très voisin de 0°). Dans d'autres échantillons, la roche est à éléments plus fins, l'augite se présente sous forme de gros microlites; il existe alors de l'olivine.

La néphéline de ces roches doléritiques est presque toujours transformée en produits micacés.

Algérie. — *Oran*. La néphélinite de l'île de Rachgoun est très analogue à celle d'Essey-la-Côte et, comme cette dernière, renferme de la mélilite ; la néphéline n'y présente aucune particularité méritant d'être notée.

Madagascar. — La néphéline abonde comme élément microscopique dans la leucitite à olivine du mont Tsiafajavona (massif d'Ankaratra). Des néphélinites se rencontrent aussi à Nossi-Bé.

4° *Dans les enclaves énallogènes des roches volcaniques.*

Plateau Central. — *Haute-Loire*. M. Jannettaz a signalé (*B. S. M.* V. 322. 1882) l'existence de néphéline dans des enclaves énallogènes scoriacées du volcan de la Denise. Il est probable que l'analyse a été faite sur des produits de fusion de granulite, car les petits fragments uniaxes et négatifs extraits des échantillons étudiés, que je dois à l'obligeance de M. Jannettaz, sont formés par de l'orthose déformée par calcination. Cette uniaxie de l'orthose est presque constante dans les très nombreuses enclaves granitiques des tufs basaltiques de cette région (*Les encl. des roches volc.*).

Puy-de-Dôme. M. Gonnard a signalé l'existence de cristaux de néphéline dans les enclaves gneissiques du trachyte du Capucin. Nous avons constaté, ce savant et moi, que les petits prismes hexagonaux des échantillons en question sont en réalité constitués par des cristaux anciens de cordiérite décapés par l'action corrosive qui a accompagné l'englobement et produit des minéraux néogènes. M. Œbbecke a signalé à nouveau dans les enclaves micacées de ce même gisement la néphéline en cristaux de 1 ^{mm} à peine (*Z. K.* XI. 366. 1886) rappelant la néphéline de la Somma.

J'ai étudié plusieurs centaines d'enclaves de ce genre, sans y trouver jamais la néphéline, sur laquelle mon attention était appelée par les observations que je viens de consigner.

CANCRINITE

$H^6 Na^6 Ca (Na CO^3)^2 Al^8 Si^9 O^{36}$

Hexagonale.

$$b : h = 1000 : 881,90.$$
$$[a : c = 1 : 0,8819 \text{ (Brögger)}.]$$

Je n'ai observé la cancrinite que comme élément *microscopique* de roches; elle n'y présente aucune forme géométrique.

Clivages. Clivages m $(10\bar{1}0)$ parfait, h^1 $(11\bar{2}0)$ difficile.

Dureté. 5 à 6.

Densité. 2,42 à 2,5.

Coloration et éclat. Blanche, grise, jaune verdâtre. Poussière blanche. Transparente ou translucide.

Éclat vitreux, inclinant à l'éclat gras.

Propriétés optiques. Un axe *négatif* (n_p).

$n_g = 1,522$ Litchfield (Ml et Lx) (Na);
$n_p = 1,499$.

$$n_g - n_p = 0,028.$$

Composition chimique. La formule $H^6 Na^6 Ca (Na CO^3)^2 Al^8 Si^9 O^{36}$ correspond à la composition suivante :

SiO^2........	38,7
CO^2	6,3
Al^2O^3	29,3
CaO	4,0
Na^2O	17,8
H^2O	3,9
	100,0

Propriétés pyrognostiques. Dans le tube fermé, donne de l'eau. Au chalumeau, se décolore et fond très facilement en se gonflant et en donnant un verre blanc bulleux. Décomposée par les acides en faisant gelée et en dégageant de l'acide carbonique.

Diagnostic. La cancrinite se distingue de la néphéline par sa biréfringence beaucoup plus élevée, par sa fusibilité très grande et par le verre blanc bulleux qu'elle forme par fusion, enfin par l'effervescence qu'elle

produit quand on l'attaque par un acide; sa symétrie hexagonale permet de la distinguer de la scapolite quadratique à clivages prismatiques se coupant suivant un angle de 90°. Son uniaxie la différencie de la thomsonite, qui possède la même biréfringence et une réfringence presque identique.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. La cancrinite accompagne la néphéline dans la syénite néphélinique de la Sablière de Pouzac; elle s'est formée à ses dépens, suivant le mode qui a été décrit page 498. Elle n'y existe qu'en très petite quantité et comme élément *microscopique*.

GROUPE SODALITE-HAÜYNE

Sodalite...... $Na^8\ Al^6\ Si^6\ O^{24}\ Cl^2$;
Noséane ..... $Na^{10}\ Al^6\ Si^6\ O^{24}\ S^2\ O^8$;
Haüyne[1] ..... $(Na^2,Ca)^5\ Al^6\ Si^6\ O^{24}\ S^2\ O^8$.

Les minéraux de ce groupe sont cubiques (probablement tétraédriques). Ils se présentent généralement avec les formes : b^1 (110) ou a^1 (111) parfois maclées suivant a^1, et possédant un clivage plus ou moins facile suivant b^1 (110).

MM. Brögger et Bäckström ont proposé (*Z. K.* XVI. 182. 1890 et XVIII. 219. 225) de mettre la formule de ces minéraux sous la forme suivante :

Sodalite $Na^4\ [Al\ Cl]\ Al^2\ [Si\ O^4]^3$;
Noséane $Na^4\ [Al\ (Na.\ SO^4)]\ Al^2\ [Si\ O^4]^3$;
Haüyne $(Na^2,\ Ca)^2\ [Al.\ (Na\ SO^4)]\ Al^2\ [Si\ O^4]^3$.

Ces formules sont comparables à celles des grenats, qui, eux aussi, cristallisent dans le système cubique.

1. Il faut y ajouter la *lazurite* ($Na^4\ [Al.\ (Na\ S^3)]\ Al^2\ (SiO^4)^3$ (?)) ou *outremer* (*lapis lazuli*).

Les minéraux du groupe qui nous occupe sont très aisément attaquables par les acides (même par l'acide acétique), en faisant gelée ; ils s'altèrent par suite avec une grande facilité.

SODALITE

$Na^8 Al^6 Si^6 O^{24} Cl^2$

Formes observées. La sodalite n'a été observée en France que comme élément microscopique de roches sous forme de rhombododécaèdres.

Macles. Macle suivant a^1 (111) avec souvent allongement suivant un axe ternaire, donnant au groupement un aspect hexagonal.

Clivages. Clivage b^1 (110), généralement invisible en lames minces. Cassure conchoïde.

Dureté. 5 à 6.

Densité. 2,14 à 2,4.

Coloration et éclat. Incolore, grise, blanche, jaune, bleue, etc. Transparente ou translucide.

Éclat vitreux parfois un peu gras.

Propriétés optiques. Le minéral est monoréfringent.

$n = 1,4827$ Feussner (Bolivie) (Na).

Composition chimique. La formule donnée plus haut correspond à la composition suivante :

SiO^2.....	37,2
Al^2O^3....	31,6
Na^2O....	25,6
Cl	7,3
	101,7
— O = 2 Cl	1,7
	100,0

Essais pyrognostiques. Facilement fusible au chalumeau en un verre incolore. Dans le tube, la sodalite altérée seule donne de l'eau. Par ébullition dans l'eau, le minéral finement pulvérisé perd du NaCl.

Soluble dans les acides (même dans l'acide acétique) en faisant gelée. Chauffée au rouge, perd son chlorure de sodium.

Altérations. Les produits d'altération sont les mêmes que pour la néphéline (page 497); le minéral se charge souvent, en outre, de calcite.

Diagnostic. (Voir à *haüyne*, page 509).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La sodalite se rencontre exclusivement dans les roches éruptives sodiques. En France on la trouve :

1° Dans les syénites néphéliniques ;

2° Dans les phonolites et dans leurs enclaves homœogènes ;

3° Dans les néphélinites doléritiques.

1° *Dans les syénites néphéliniques.*

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* La sodalite a été signalée pour la première fois dans la syénite néphélinique de Pouzac (Goldschmidt, *N. J.* Beil. Bd. I. 220. 1881), où je l'ai moi-même étudiée. Elle y joue le même rôle que la néphéline; tantôt elle est incluse dans les feldspaths et alors automorphe; tantôt, et c'est le cas le plus général, elle moule ces minéraux. Elle présente toutes les altérations signalées plus haut.

2° *Dans les phonolites et dans leurs enclaves homœogènes.*

Il est probable que la sodalite est abondamment répandue dans les phonolites et particulièrement dans les phonolites feldspathiques du Plateau Central. Elle ne peut être distinguée de la haüyne et de la noséane sans inclusions que par des essais chimiques. Quand elle est incluse dans les feldspaths, elle forme des rhombododécaèdres nets [Pas de Compains (*Cantal*) (Fouqué et Michel Lévy, *Minér. Microgr.* 447)]. Elle ne se présente que comme élément *microscopique*.

Les enclaves homœogènes (*syénites*) de la phonolite de Brocq en Menet renferment en grande abondance de la sodalite, soit seule, soit associée à la néphéline; elle joue le même rôle que ce minéral; elle est comme lui souvent transformée en produits colloïdes roses. Elle se distingue à l'œil nu par sa couleur jaune pâle, elle forme des grains ayant au plus 2 mm de diamètre (*Les encl. des roches volc.*, p. 417 et pl. VII). La sodalite de ces enclaves peut être comparée à celle de la syénite néphélinique de Pouzac.

3° *Dans les néphélinites doléritiques.*

Dans les néphélinites doléritiques du puy de Saint-Sandoux (Barneire) décrites p. 500, j'ai trouvé de nombreux rhombododécaèdres que j'attribue à la sodalite. Comme ils sont en partie zéolitisés et que la roche qu'ils renferment est très altérée, il n'est pas possible de certifier que ce minéral n'est pas de la haüyne ou de la noséane.

NOSÉANE — HAÜYNE

$$Na^{10}\,Al^{6}\,Si^{6}\,O^{24}\,S^{2}\,O^{8} \;—\; (Na^{2},\,Ca)\,Al^{6}\,Si^{6}\,O^{24}\,S^{2}\,O^{8}$$

Formes observées. Je n'ai observé aucun cristal libre de haüyne dans les gisements français ; ceux qui se trouvent dans les roches paraissent être constitués par des rhombododécaèdres parfois très allongés suivant un axe ternaire (phonolite des Orgues de Bort).

Dureté. 5 à 6.

Densité. 2,25 à 2,5. La densité augmente de la noséane à la haüyne avec la teneur en chaux et les inclusions; 2,269 (Trizac).

Coloration et éclat. Incolore, blanche, grise (noséane), bleu lavande (noséane), bleu de ciel plus ou moins foncé (haüyne), noire, jaune, rouge par altération. Dans les lames minces, les variétés bleues sont parfois d'une couleur très vive; la coloration bleue est généralement irrégulière, disposée par taches ou flammèches au milieu de parties incolores ou peu colorées.

Inclusions. La haüyne et la noséane renferment en abondance des inclusions *microscopiques* gazeuses, liquides, vitreuses, avec ou sans bulles ; elles ont souvent des formes bizarres. Elles présentent des dispositions variées : elles sont tantôt groupées en zones concentriques, tantôt orientées suivant les axes ternaires du cube. Très fréquemment, en outre, ces minéraux renferment des inclusions cristallines d'oligiste ou d'ilménite (opaques ou translucides) allongées ou aplaties, qui sont orientées suivant les axes ternaires ou couchées dans les clivages b^1 (110). Ces inclusions ferrugineuses sont en général irrégulièrement réparties dans le cristal, parfois extrêmement abondantes, formant un gril-

lage serré à symétrie ternaire ou quaternaire suivant l'orientation des sections : tantôt (c'est le cas le plus fréquent en Auvergne), elles se trouvent exclusivement au centre du cristal, les bords du cristal sont alors limpides ; tantôt, au contraire, elles sont surtout abondantes à sa périphérie. Toutes les particularités qui viennent d'être signalées coexistent parfois dans la haüyne ou la noséane d'un même gisement.

Souvent dans les phonolites d'Auvergne, les cristaux d'haüyne et de noséane sont entourés d'une mince zone de microlites d'augite qui sont venus s'accoler contre eux. Quand, au milieu du grillage ferrugineux d'un cristal de haüyne ou de noséane, se trouve une grosse inclusion de magnétite ou de pyroxène, il n'est pas rare de voir celle-ci entourée par un halo dépourvu d'inclusions.

Enfin les cristaux allongés suivant un axe ternaire sont quelquefois creux et remplis par le magma microlitique de la roche.

La phonolite des Orgues de Bort m'a fourni notamment les diverses observations consignées dans ce paragraphe.

Propriétés optiques. Je n'ai observé dans aucun des gisements français les anomalies optiques qui ont été signalées dans les minéraux de quelques localités étrangères.

$\mathbf{n} = 1,4961$ (haüyne de Niedermendig) (Tschihatscheff).

Composition chimique. La formule (Na^{10} Al^{6} Si^{6} O^{24} S^{2} O^{8}) de la noséane exige la composition donnée en *a*) ; tandis que celle de la haüyne (Na^{2}, Ca) Al^{6} Si^{6} O^{24} S^{2} O^{8} correspond à la composition *b*) pour le cas où Na : Ca = 3 : 2.

	a)	*b*)
SiO^2	31,7	32,0
SO^3	14,1	14,2
Al^2O^3	26,9	27,2
Na^2O	27,3	16,6
CaO	»	10,0
	100,0	100,0

Il paraît exister de nombreux passages entre ces deux types théoriques ; c'est pourquoi je n'ai pas séparé ces deux minéraux, que leurs caractères physiques seuls ne permettent pas de distinguer l'un de l'autre.

Essais pyrognostiques. Difficilement fusibles (la noséane est la moins fusible). Fondues sur le charbon avec la soude, donnent un sulfure alcalin

qui, placé sur une plaque d'argent humide, produit une tache noire. La haüyne chauffée dans le tube fermé ne se décolore pas ; chauffée dans la vapeur de soufre, elle bleuit. Ces minéraux, chauffés avec de l'eau bouillante, laissent dissoudre des sulfates. Très facilement attaquables à froid par les acides.

Altérations. La noséane et la haüyne s'altèrent facilement ; leurs inclusions ferrugineuses s'oxydent et deviennent brunes ou rouges. Le minéral, vu à l'œil nu, présente alors ces mêmes couleurs. On observe aussi des transformations en produits colloïdes jaunes, en zéolites (mésotype, etc.). Les cassures de la substance intacte sont souvent remplies de calcite, même dans les roches dont tous les autres éléments sont parfaitement frais, ce qui tend à prouver que cette calcite se produit par altération directe de la haüyne (Bort).

Diagnostic. La haüyne se distingue aisément de la noséane par le procédé suivant. Le minéral est attaqué sur une lame de verre par un peu d'acide chlorhydrique ; le liquide d'attaque est abandonné à une évaporation lente : on voit bientôt se former des cristaux de gypse et des traces de chlorure de sodium dans le cas de la haüyne, alors que dans le cas de la noséane il ne se forme que des cubes de chlorure de sodium.

Le diagnostic différentiel de ces minéraux et de la sodalite réside dans la recherche de l'acide sulfurique ou du chlore (sodalite).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Dans les gisements français, la noséane et la haüyne se rencontrent exclusivement dans les phonolites, dans leurs enclaves homœogènes et dans les andésites à haüyne et hornblende.

1° *Dans les phonolites et leurs enclaves homœogènes.*

Plateau-Central. — La haüyne et la noséane font partie constituante des phonolites du Plateau Central ; elles n'ont jusqu'à présent été distinguées l'une de l'autre que d'une façon empirique par leur couleur, ce qui est évidemment insuffisant. Ce sujet appelle de nouvelles recherches. On peut du moins affirmer que la variété bleue appartient bien à la haüyne. Les quelques essais d'attaque en bloc de phonolites renfermant ces minéraux me font penser que la noséane pauvre en chaux est assez fréquente en Auvergne.

Quoi qu'il en soit, ces minéraux sont rarement abondants en cristaux macroscopiques : il faut le plus souvent le secours du microscope pour les déceler. Ils se présentent, soit en cristaux du premier stade de consolidation, soit en microlites extrêmement petits souvent englobés par les feldspaths microlitiques.

Haute-Loire. Les nombreuses phonolites du Velay renferment, d'une façon presque constante, de la haüyne ou de la noséane, mais en cristaux atteignant $0^{mm},5$ de diamètre (le Mazel dans la vallée de la Rimande et maison forestière du Mézenc); ils ne sont, par suite, pas visibles à l'œil nu. En général, ce minéral se présente comme élément *microscopique* de la pâte de la roche variant de quelques dizaines à quelques millièmes de millimètre; il y forme de petits cristaux à formes nettes, parfois riches en inclusions, souvent englobés par les feldspaths (Boule : *B.C.F.* n° 28. 155. 1892).

Cantal. Les minéraux du groupe haüyne-noséane sont très abondants dans les phonolites et surtout dans les phonolites feldspathiques du Cantal, mais ils s'y présentent rarement en cristaux macroscopiques; les cristaux *microscopiques* de la phonolite de Vensac sont remarquables par la beauté de leurs inclusions.

J'ai trouvé dans la phonolite de Valette, sur la route de Riom ès Montagne à Trizac, une enclave ayant environ 5^{cm} de diamètre, constituée par un seul cristal de noséane d'un bleu lavande à clivage b^1 (110) facile. Sur les bords, elle est jaunâtre, altérée et imprégnée de calcite. C'est sans doute le plus gros échantillon de noséane qui ait été trouvé jusqu'à ce jour. Dans un travail antérieur (*Les encl. des roches volc.*), j'ai attribué à tort ce minéral à la sodalite; il renferme une petite quantité de chaux.

Corrèze. La phonolite des Orgues de Bort est très riche en haüyne souvent allongée suivant un axe ternaire et présentant dans la disposition de ses inclusions ferrugineuses les particularités signalées plus haut.

Puy-de-Dôme. La haüyne existe dans toutes les phonolites du mont Dore. Elle y forme souvent des cristaux *macroscopiques* bleus ou rubéfiés dans les phonolites inférieures et particulièrement dans celles de la route du mont Dore près du ravin de Lusclade (Michel Lévy : *B. S. G.* XVIII. 798. 1890). Elle abonde surtout dans les phonolites supérieures et notamment à la roche Sanadoire où elle fut découverte en 1807 par

de Laizer; elle est plus rare à la roche Tuillière et, près de Sallèdes, à La Rochette et à Chaux Montgros.

2° *Dans les andésites à haüyne et hornblende.*

Les andésites à haüyne et hornblende sont relativement peu abondantes en Auvergne; elles paraissent être dans la série des andésites l'équivalent des trachytes de Laach dans la série des trachytes; elles se distinguent des téphrites proprement dits par l'absence de la néphéline.

C'est dans ces roches que la haüyne *macroscopique* est le plus abondante.

Cantal. Lucas, dans son *Tableau des espèces minérales* (1813. 226), indique la découverte d'une roche remarquablement riche en haüyne bleue faite en 1808 par M. Grasset aux environs du village de Falgoux. Les échantillons recueillis à cette époque sont ceux que j'ai étudiés (Collect. du Muséum). C'est de beaucoup la roche d'Auvergne fournissant les plus beaux échantillons de haüyne. Ce minéral y forme de petits cristaux bleus atteignant 2^{mm} de diamètre. Il est accompagné de hornblende et de feldspath dans une pâte gris clair. La composition de cette roche est celle des andésites à hornblende et haüyne du Puy-de-Dôme, dont il est question plus loin; elle est remarquablement riche en sphène.

M. Boule n'a pu trouver cette roche en place : peut-être provient-elle de blocs engagés dans la brèche andésitique, comme ceux que Bouillet a signalés à Récusset dans la vallée de Saint-Paul (*Descript. hist. et scient. de la Haute Auvergne*, 299).

M. Fouqué a décrit une roche analogue qu'il a trouvée en filons au puy de Bataillouze (crête dominant au nord la gare du Lioran; elle affleure au sud du signal 1686^{m}). La haüyne y est peu abondante et transformée en produits jaunes. (*B. S. M.* XVII. 493. 1894).

M. Boule m'a remis de jolis échantillons de haüyne provenant des phonolites de Brujalaine près Murat. Ce minéral, en grains bleus cerclés de jaune d'environ $1^{mm},5$ de diamètre, se trouve presque toujours dans des cavités de la roche et comme en partie résorbé. La roche qui les renferme offrant de remarquables variations de composition qui la font osciller entre une phonolite feldspathique et une andésite augitique, on peut se demander si la haüyne y est bien le résultat d'une cristallisation du magma et si elle ne constitue pas plutôt des enclaves analogues à celles des téphrites et andésites augitiques de Mayen et de Niedermendig dans la Prusse rhénane.

Puy-de-Dôme. Les premières andésites françaises à haüyne et hornblende qui aient été décrites sont celles du mont Dore (Michel Lévy : *B. S. G.* XVIII. 816. 1890). On y distingue à l'œil nu des grains bleus de haüyne, souvent rubéfiés et associés à des prismes de hornblende et à des cristaux de feldspath dans une pâte noire ou gris foncé. L'examen *microscopique* montre que la haüyne est accompagnée, au premier temps de consolidation, par de la magnétite, de l'ilménite, de l'apatite, du sphène, de la hornblende brune, de l'augite, du labrador et parfois de l'olivine. Elle est quelquefois englobée par le labrador et l'augite. Les microlites sont constitués par de l'andésine et de l'augite.

M. Michel Lévy a signalé ces belles roches à la Banne d'Ordenche entre le roc Blanc et le lac de Guéry, entre le puy de l'Ouire et l'aiguille de Guéry, à Mareuge, à Font Marcel, aux environs du puy d'Alou, etc.

3° *Dans des enclaves homœogènes de néphélinites.*

Algérie. — *Oran*. Dans des tufs volcaniques du cap Acra près Rachgoun, accompagnés de leucotéphrites et de néphélinites, M. Vélain a trouvé des enclaves grenues que j'ai décrites récemment (*Les encl. des roch. volc.*, 532). Elles sont constituées par un agrégat à gros grains d'un minéral du groupe haüyne-noséane incolore, de sphène, d'apatite, de grenat mélanite, d'augite, de biotite et de néphéline.

La noséane est parfois riche en inclusions ferrugineuses : ces enclaves sont comparables à celles des néphélinites de l'Oberwiesenthal et constituent des produits de cristallisations effectuées en profondeur dans le magma néphélinique.

CORDIÉRITE

$H^2 (Mg, Fe)^4 Al^8 Si^{10} O^{37}$

Orthorhombique : $mm = 119°10'$ (Dx).

$b : h = 1000 : 481,631$. $D = 862,366$. $d = 506,284$.

$[a : b : c = 0,58709 : 1 : 0,55850]$

Formes observées. p (001), h^1 (100), m (110), g^2 (130), g^1 (010), $a^{2/9}$ (902); e^1 (011), $e^{1/2}$ (021); b^1 (112), $b^{1/2}$ (111); $\omega = (b^{1/2}\ b^{1/4}\ g^1)$ (131), $x = (b^{1/7}\ b^{1/14}\ g^{1/4})$ (7. 21. 4).

Macles. Macles suivant m (110) et suivant g^2 (130) fréquemment répétées et donnant alors des formes pseudohexagonales. Ces macles se manifestent fréquemment par des angles rentrants dans la zone verticale, mais souvent aussi il y a formation d'un véritable prisme hexagonal et le groupement n'est perceptible que par les propriétés optiques de l'assemblage. Elles donnent parfois naissance à des bandes rappelant celles des feldspaths tricliniques que l'on voit à la loupe sur le clivage g^1 (010) et très nettement au microscope dans les sections parallèles à p (001).

Les cristaux de cordiérite (transformés en pinite) du Puy-de-Dôme forment parfois des groupements dans lesquels l'axe vertical de l'un des composants fait avec celui du second un angle de 90° (fig. 11).

Je crois inutile de donner ici les mesures prises sur les cristaux de cordiérite de gisements français, car elles n'ont pu être obtenues qu'à l'aide du goniomètre d'application.

Angles calculés		Angles calculés		Angles calculés	
*$m\,m$	119°10′	$p\,b^1$	151° 7′	$h^1\,b^{1/2}$	129°43′
$m\,h^1$	149°35′	$p\,b^{1/2}$	132°12′	$b^{1/2}\,b^{1/2}$ sur e^1	100°34′
$m\,g^2$	150°	$b^{1/2}\,m$	137°48′	$g^1\,x$	138°25′
$m\,g^1$	120°25′	$b^1\,m$	118°53′	$g^1\,\omega$	140°31′
$g^2\,g^1$	150°25′	$p\,m$	90°	$g^1\,b^{1/2}$	112° 2′
$g^2\,g^2$ sur h^1	59°10′	$p\,x$	120°40′	$b^{1/2}\,b^{1/2}$ av.	135°56′
$p\,a^{2/9}$	115°19′	$x\,g_2$	149°20′	$g^1\,b^1$	104° 9′
*$p\,e^1$	150°49′	$p\,\omega$	117°26′	$b^1\,b^1$ av.	151°42′
$e^1\,e^1$	121°38′	$\omega\,g^2$	152°34′	$b^{1/2}\,e^1$ adj.	136°40′
$e^1\,g_1$	119°11′	$p\,g^2$	90°	$m\,x$ adj.	138° 9′
$p\,e^{1/2}$	131°50′	$h^1\,\omega$	115°59′	$m\,\omega$ adj.	140°14′
$e^{1/2}\,g^1$	138°10′	$h^1\,b^1$	114°37′		

Faciès des cristaux. Les cristaux de cordiérite possèdent un faciès très constant; ils sont prismatiques et peu allongés suivant l'axe vertical; les faces p (001) et m (110) ne manquent jamais; l'existence des faces h^1 (100), g^1 (010) et g^2 (130), plus ou moins larges, introduit quelques variations dans l'apparence des cristaux. Les dômes et les pyramides sont souvent absents et généralement peu développés.

Clivages. Clivage suivant g^1 (010) peu facile. Clivage à peine distinct suivant h^1 (100) et p (001) dans la cordiérite inaltérée. Quand le minéral commence à se transformer, au contraire, il devient lamellaire suivant p (001) (Voir page 516 à *altérations*). Cassure conchoïdale.

Dureté. 7 à 7,5.

Densité. 2,60 à 2,66; 2,646. c. de Cambo.

Coloration et éclat. Bleue de diverses nuances, depuis le bleu saphir (saphir d'eau) jusqu'au bleu noir ou bleu verdâtre, verdâtre, grise.

Éclat vitreux. Transparente ou translucide.

Inclusions. La cordiérite des roches anciennes renferme très souvent des inclusions de zircon, entourées d'auréoles pléochroïques caractéristiques, des aiguilles de sillimanite, des grains de spinelle, etc.

La cordiérite produite dans les schistes paléozoïques au contact du granite renferme fréquemment des inclusions charbonneuses distribuées régulièrement comme dans la chiastolite (voir p. 27 et 41 fig. 20). C'est cette variété que M. Shimidsu a appelée *cérasite*.

Dans les enclaves des roches volcaniques, la cordiérite est riche en inclusions vitreuses d'origine secondaire, accompagnées d'octaèdres de spinellides (magnétite, pléonaste), etc.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à $h^1(100)$; bissectrice aiguë *négative* (n_p) perpendiculaire à p (001) (fig. 1).

L'écartement des axes est variable avec les échantillons et même avec les plages d'un même échantillon.

$$2\,V = 39^o \text{ à } 84^o \text{ environ (Dx).}$$

Dispersion faible avec $\rho < v$.

	2 H (Dx)
Huelgoat	75 à 76°
Denise	89°50′

Les observations de M. des Cloizeaux ayant montré que l'écartement des axes de la cordiérite augmente avec la chaleur, le grand écartement des axes de la cordiérite de La Denise est peut-être d'origine secondaire; le minéral étudié faisait, en effet, partie d'une enclave granitique recueillie au milieu de scories basaltiques.

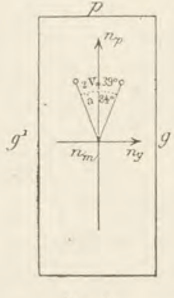


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100).

Les indices de réfraction de la cordiérite varient avec les gisements. La moyenne de l'indice n_m est d'environ :

$$n_m = 1{,}543;$$

la biréfringence, d'environ :

$$n_g - n_p = 0{,}006 \text{ à } 0{,}010.$$

Ce dernier nombre est la plus fréquent dans la cordiérite des gisements énumérés plus loin.

Les figures 2 et 3 montrent la position du plan des axes dans les différents modes d'association des individus maclés suivant les lois énoncées plus haut.

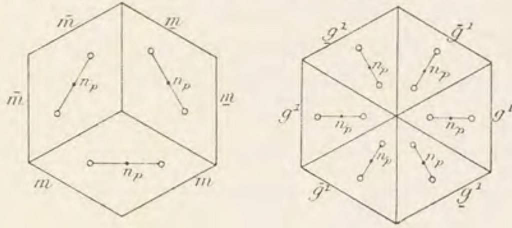


Fig. 2 et 3.
Position du plan des axes optiques dans les divers secteurs des cristaux maclés de cordiérite. Face *p* (001).

Pléochroïsme. La cordiérite possède en plaques minces un pléochroïsme très intense.

$\mathbf{n}_g$ = bleu clair de diverses nuances;
$\mathbf{n}_m$ = violet foncé;
$\mathbf{n}_p$ = jaune clair teinté de vert ou de brunâtre.

En lames minces, la cordiérite est le plus souvent absolument incolore. Cependant quelques variétés, et particulièrement celle que l'on observe dans les enclaves énallogènes des roches volcaniques ou celle qui est pyrogène, sont violettes en lames minces et très pléochroïques. Il est probable dès lors que cette intensité de la coloration est en relation avec la haute température à laquelle ces cordiérites ont été formées ou soumises postérieurement à leur cristallisation.

La cordiérite incolore en lames minces possède souvent des auréoles pléochroïques d'un jaune citron intense (suivant n_p autour d'inclusions de zircon et de dumortiérite). Dans ces auréoles, contrairement à ce qui arrive pour les autres minéraux, la biréfringence est diminuée [Michel Lévy, *C. R.* CIX. 973. 1889]; cette propriété est très caractéristique de la cordiérite; quant à la réfringence, elle est augmentée.

Ces auréoles disparaissent au rouge naissant; on s'explique dès lors qu'elles n'existent jamais ni dans la cordiérite des enclaves volcaniques, ni dans la cordiérite pyrogène.

La cordiérite taillée perpendiculairement à un axe optique montre le phénomène des houppes.

Composition chimique. La formule H^2 (Mg, Fe)^4 Al^8 Si^{10} O^{37} exige la composition suivante dans le cas où Mg : Fe = 7 : 2 :

SiO^2......	49,4
Al^2O^3.....	33,6
FeO......	5,3
MgO.....	10,2
H^2O......	1,5
	100,0

Il est possible qu'une partie du fer existe à l'état de Fe^2O^3; c'est sans doute à des variations dans les proportions et l'état d'oxydation du fer qu'il y a lieu d'attribuer les variations de couleur, de pléochroïsme, de propriétés optiques, observées dans la cordiérite avant ou après chauffage.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, devient opaque et fond difficilement. Faiblement attaquée par les acides.

Altérations. La cordiérite s'altère très facilement et par sa transformation donne naissance à des produits d'apparence très variée qui ont reçu des noms différents, *aspasiolite*, *auralite*, *bonsdorffite*, *chlorophyllite*, *fahlunite*, *gigantolite*, *pinite*, *praséolite*, *pyrargillite*, etc., à cause de cette variété d'aspect et aussi à cause d'inégalités de composition; celles-ci sont dues à ce que les produits analysés étaient des mélanges de divers produits secondaires et du minéral inaltéré.

Les produits secondaires formés aux dépens de la cordiérite sont des micas (biotite ou muscovite) et des substances isotropes. Dans les descriptions données plus loin, j'emploierai deux seulement des nombreux noms que je viens de citer : celui de *gigantolite* et celui de *pinite*, qui correspondent à deux structures différentes.

Quand une cordiérite se transforme en *gigantolite*, ses plans de séparation suivant *p* (001) deviennent répétés, car leur facilité est augmentée par le développement, parallèlement à eux, de lamelles de micas (biotite, muscovite). Peu à peu le minéral se transforme complètement en micas dont les lames se propagent souvent le long des clivages prismatiques; le minéral finit par être transformé entièrement en mica dont les lames sont disposées dans deux directions rectangulaires, les unes parallèles, les autres perpendiculaires à la base de la cordiérite.

Fig. 4.
Échantillon de cordiérite transformée en mica (*gigantolite*) avec plans de séparation marqués suivant *p* (001). Ozon en Montmort (Grandeur naturelle).

Cette régularité (fig. 4) (Ozon en Montmort) n'est pas toujours réalisée : souvent, en effet, la transformation micacée se propage le long de cassures irrégulières, donnant naissance à des pseudomorphoses constituées par des lamelles de mica enchevêtrées d'une

façon quelconque ; le cristal considéré dans son ensemble possède presque toujours des plans de séparation suivant les faces *p* (001) du minéral intact.

Je réserverai le nom de *pinite* à toutes les pseudomorphoses de cordiérite dépourvues de plans de séparation et constituées par des produits micacés cryptocristallins ou par de la matière colloïde. Ces pseudomorphoses ont souvent une cassure terreuse ou cireuse ; elles se coupent aisément au couteau ; ce type est fourni par la pinite du Puy-de-Dôme, qui va être décrite plus loin.

Il est inutile d'insister sur le peu d'importance de cette division, que j'adopte pour la commodité des descriptions.

Les deux types se présentent parfois dans un même gisement.

L'examen microscopique permet de suivre toutes les phases de ces transformations. Les cassures souvent curvilignes et bordées de produits micacés secondaires sont très caractéristiques de la cordiérite.



Fig. 5.

Lame mince d'un gneiss à cordiérite, montrant la cordiérite (15) en voie de transformation en produits micacés. La roche renferme, en outre, de l'oligoclase (8), du quartz (1), de la biotite (19) et de la sillimanite (50).

La fig. 5, empruntée à un mémoire antérieur sur des gneiss de Norwège (*B. S. M.* XII. 215. 1889), reproduit si parfaitement les altérations de la cordiérite des gisements pyrénéens et auvergnats, qu'il m'a paru inutile de faire dessiner celles-ci.

Les analyses suivantes faites sur des pinites françaises montrent que

le produit qui les constitue est en grande partie formé par un mica potassique (*muscovite*) :

Analyses : *a*) de la pinite d'Isserteaux près Saint-Pardoux, par Gmelin (*Kersten Arch.* I. 226. 1824);

b) de la pinite du même gisement, par Marignac (*Bibl. Univ. Genève*, IV. 157. 1847);

c) de la pinite du même gisement, par Rammelsberg (*Mineralchemie*, 1875. 656);

d) de la pinite du mont Brévent (Chamonix), par Marignac (*op. cit.*).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)
$Si\,O^2$.....	55,96	47,50	48,92	44,70
$Al^2\,O^3$....	24,48	31,80	32,29	31,64
$Fe^2\,O^3$....	5,51	3,92	3,49	6,57
Mg O.....	3,76	»	1,41	2,86
$K^2\,O$.....	7,89	9,05	9,14	7,89
$Na^2\,O$....	0,39	1,78	»	0,95
Ca O.....	»	0,92	0,51	»
$H^2\,O$.....	1,41	5,03	4,27	5,39
	99,40	100,00	100,03	100,00
Densité	»	»	2,74	2,84

Diagnostic. La cordiérite peut aisément se distinguer, par ses propriétés optiques et sa fusibilité, des variétés bleues de quartz, avec lesquelles elle présente quelque ressemblance. Dans les lames minces, les inclusions de sillimanite, les auréoles pléochroïques autour du zircon et de la dumortiérite, le mode de formation des produits secondaires constituent de bons éléments de diagnostic du quartz et de l'orthose qui accompagnent souvent la cordiérite. De plus, la réfringence de la cordiérite est notablement supérieure à celle de l'orthose et le quartz est uniaxe. Les sections *p* (001) de cordiérite maclée se reconnaissent à leur extinction symétrique à 30° de la ligne de macle; elles sont toujours perpendiculaires à la bissectrice aiguë négative (distinction avec les feldspaths tricliniques basiques, qui, en outre, sont tous plus réfringents).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La cordiérite se rencontre dans de nombreux gisements français; je l'étudierai successivement dans les conditions suivantes :

1° Dans les roches éruptives quartzifères;

2° Dans les schistes paléozoïques modifiés par le granite;

3° Dans les enclaves des roches volcaniques comme élément d'origine métamorphique[1];

4° Dans les roches houillères fondues par les incendies souterrains.

1° *Dans les roches éruptives quartzifères.*

a) *Dans les granites, les granulites et les gneiss.*

Ce genre de gisement est celui dans lequel la cordiérite se présente avec le plus de fréquence. Dans le granite proprement dit, elle est peu abondante; elle y forme souvent des cristaux nets; mais, dans beaucoup de régions et notamment dans le Velay, la cordiérite du granite paraît être exogène et constituée par des enclaves gneissiques incomplètement résorbées au même titre que la cordiérite des trachytes du mont Dore.

Dans les gneiss français, la cordiérite est souvent dépourvue de formes géométriques et englobe la plupart des éléments de la roche. Dans quelques cas, cependant, elle se présente en cristaux distincts, généralement groupés en grand nombre à axes parallèles. Leurs formes ne peuvent guère être décelées qu'au microscope.

Dans les granulites et les pegmatites, au contraire, la cordiérite se trouve le plus souvent en cristaux nets, atteignant parfois de très grandes dimensions. Ils sont fréquemment associés à de l'andalousite et le plus souvent complètement altérés (*gigantolite* et plus rarement *pinite*).

Je n'ai pas cru devoir séparer ces divers gisements les uns des autres, car, dans les régions granulitiques, il n'est guère possible de considérer séparément les gneiss et les filonnets granulitiques qui les traversent ou s'interstratifient au milieu d'eux.

Normandie. — *Calvados*. De superbes pseudomorphoses de cordiérite (gigantolite) ont été trouvées dans la carrière de la Bellière près Vire. Elles dépassent souvent 5^{cm} et présentent les formes m (110), h^1 (100), g^2 (130), g^1 (010); les plans de séparation suivant p (001) sont fréquents. Elles accompagnent l'andalousite dans une peg-

1. La cordiérite est abondante dans les roches volcaniques du Plateau Central, (soit dans les basaltes, soit dans les trachytes), mais elle y constitue toujours un élément ancien résultant de la désagrégation d'enclaves de l'une quelconque des roches étudiées au paragraphe 1°. (Voir *Les encl. des roches volc.*).

matite. Leurs faces sont souvent très nettes ; m (110), h^1 (100), g^1 (010), sont également développées. J'ai observé un fragment d'un grand cristal ayant 5^{cm} de diamètre sur la base et présentant la structure parfaitement régulière représentée par la fig. 4.

Manche. Je dois à M. A. de la Durandière la communication de grands cristaux de cordiérite pseudomorphisés, offrant les formes et les particularités des cristaux des environs de Fougères qui vont être décrits. Ils sont d'un gris verdâtre et engagés dans des filons de pegmatite traversant les schistes siluriens, près du km. 3 de la ligne de chemin de fer de Sourdeval à Mortain.

Bretagne. — *Ille-et-Vilaine*. De très nombreux échantillons de pinite ont été extraits, par M. de Limur, des filonnets de quartz de quelques décimètres d'épaisseur qui traversent les leptynolites du S.-O. de Fougères, entre cette ville et La Chapelle-Saint-Aubert au S., Romagné au N.-O. et le Couesnon au S.-E. Ils sont surtout abondants aux carrières de la Tousche et de la Providence près Fougères. M. de Limur a décrit ces cristaux comme « gieseckite » (*B. S. G.* I. 166. 1873). Les échantillons qu'il m'a remis atteignent plusieurs centimètres suivant l'axe vertical ; ils sont verts ou brunâtres ; ils se rapportent au type pinite, mais présentent parfois des passages à la gigantolite, quand le mica à deux axes qui les épigénise devient à éléments plus grands que d'ordinaire. Les cristaux sont caractérisés par le grand développement des faces m (110) et h^1 (100) ; ils sont très fréquemment aplatis suivant h^1 (100) (fig. 6). On observe en outre les formes p (001) et g^2 (130). La face g^1 (010) est souvent absente et toujours peu développée.

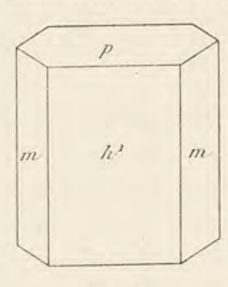


Fig. 6.
Cordiérite (pinite) des environs de Fougères, aplatie suivant h^1 (100).

Finistère. Le granite de Huelgoat renferme en abondance des cristaux de cordiérite imparfaitement transformés en gigantolite. Depuis longtemps M. des Cloizeaux y a signalé (*op. cit.*, I. 355) les macles prismatiques. Ces cristaux atteignent parfois 1^{cm} ; ils n'ont pas de faces bien nettes ($p\ m\ h^1\ g^1\ g^2$).

Morbihan. La cordiérite a été trouvée par M. de Limur (*op. cit.*, 69) dans le gneiss granulitique d'une carrière abandonnée à 1 kilomètre du château de La Ferrière en Buléon, dans la granulite des gneiss de la

baie de Salins (golfe du Morbihan); elle y est souvent transformée en gigantolite verte plus ou moins foncée (petits cristaux *p* (001) *m* (110) g^1 (010) transformés en un mica blond brunâtre à un axe) et accompagnée d'ilménite. On la trouve dans les mêmes conditions en masses laminaires (gigantolite) dans la granulite de la baie de Conleau; elle abonde à l'état frais dans les gneiss de Billiers (très belles auréoles pléochroïques), du Cretin en Brech, etc.

Elle se rencontre, en outre, dans le granite de Carnac.

Loire-Inférieure. La cordiérite transformée est très abondante aux environs de Nantes (Baret, *op. cit.*, 48 et *B. S. M.* IV. 42. 1881 et V. 32. 1882). Elle forme des cristaux plus ou moins riches en faces *p* (001), *m* (110), h^1 (100), g^2 (130), g^1 (010), souvent aplatis et atteignant jusqu'à 7cm 5 sur 5cm (Pont du Cens). Ces cristaux sont souvent réunis par groupes de plusieurs individus ou constituent seulement des masses cristallines généralement associées à de l'andalousite. Leur couleur varie du gris perle au vert de diverses nuances. Toutes ces pseudomorphoses possèdent la structure de la gigantolite; la cordiérite est transformée en mica verdâtre (biotite et muscovite). Elles se rencontrent dans les nodules ou filonnets pegmatoïdes des micaschistes et chloritoschistes de Nantes [près l'octroi de L'Écusson et près le pont de La Tortière (chemin de ceinture) sur la rive droite de l'Erdre], aux environs de cette même ville, au pont du Cens, elle y est associée à l'andalousite; à Saint-Jacques dans l'ancien chemin du Vert ou près l'octroi (petits cristaux dans le quartz), dans les carrières du Haut Moreau sur la rive gauche de l'Erdre (dans quartz), dans les carrières de La Salle Verte à Saint-Clair, etc.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* J'ai trouvé en abondance de la cordiérite dans les filons de pegmatites très quartzeuses qui ont été coupées par le tunnel de Cambo. Le minéral s'y présente en masses translucides d'un bleu ou d'un gris bleu verdâtre, plus rarement sous forme de gros cristaux *m* (110), g^1 (010), h^1 (100), quelquefois aplatis suivant g^1 (010); ils ont les arêtes et les angles arrondis.

J'ai recueilli plusieurs blocs d'une véritable pegmatite graphique à grands éléments de cordiérite et de quartz dans laquelle la cordiérite joue le même rôle que la tourmaline des pegmatites figurées page 93.

Ce gisement de Cambo est celui qui en France m'a fourni les plus beaux échantillons de cordiérite intacte. Elle est plus rarement altérée en pinite brune.

Hautes-Pyrénées. Les blocs de granulite éboulés à Héas et au chaos de Gavarnie renferment fréquemment des pseudomorphoses de cordiérite (gigantolite) atteignant 2^{cm}5 suivant l'axe vertical.

M. Frossard a signalé des pseudomorphoses semblables dans la granulite du massif du Pic du Midi de Bigorre (*B. S. M.* VI. 87. 1883).

Ariège. La cordiérite est très répandue dans un grand nombre de granulites injectées dans le gneiss ou les schistes anciens des environs de Vicdessos, du massif du Saint-Barthélemy et de la vallée de la haute Ariège.

Dans les abrupts qui dominent l'étang Tort, près du pic de Soularac (massif du pic Saint-Barthélemy) et au point 1878^{m} situé un peu plus au S.-O., j'ai trouvé la cordiérite en cristaux intacts de 1^{cm} de longueur présentant les formes p (001), m (110), h^1 (100), g^1 (010) (*B. S. M.* XII. 520. 1889).

Au Calmil, au-dessus de Foix, j'ai rencontré des cristaux identiques; ils ont une forme rectangulaire par suite de la prédominance des faces h^1 (100) et g^1 (010) (fig. 7). Le plus généralement, ils sont arrondis et d'un vert plus ou moins foncé. Au microscope, on constate que l'altération est plus ou moins complète. A ce point de vue, je citerai les escarpements d'Illiers, de Cabre près Vicdessos, les rochers qui dominent Saint-Conac, Calchax, Appi, Axiat, les alentours des pics Saint-Barthélemy et Soularac.

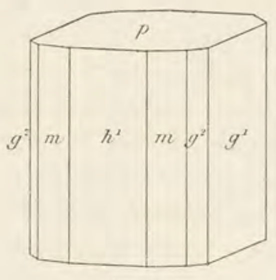


Fig. 7.
Cordiérite du Calmil.

Au mont Fourcat (versant S.-O.) j'ai recueilli, dans les pegmatites, des cristaux de gigantolite atteignant 5^{cm} suivant l'axe b et 3^{cm} suivant l'axe vertical. Les plans de séparation sont très nets; les cristaux présentent les formes p (001), m (110), g^1 (010), h^1 (100), g^2 (130).

Aux environs d'Ax sur la route de Prades à Ascou, les filons de quartz coupant les schistes micacés précambriens renferment des pseudomorphoses de cordiérite en pinite verte, atteignant parfois 10^{cm} suivant l'axe vertical; elles sont généralement très aplaties. L'andalousite les accompagne.

Plateau Central. — *Ardèche.* La cordiérite est abondante dans les granites du mont Pilat (environs d'Annonay) et du prolongement des massifs du Mézenc et du Mégal (Sainte-Agrève, etc.). Afin d'éviter les

redites, je renvoie aux articles *Haute-Loire* et *Loire*, où il va être question de ces massifs.

Haute-Loire. La cordiérite abonde dans le Velay, où elle a été souvent signalée[1] (Pascal, *op. cit.*; Boule : *B. C. F.* III, n° 28, p. 26. 1892; Gonnard : *B. S. M.* XVIII. 273. 1894).

Elle existe notamment dans le gneiss et le granite[2] formant le soubassement des roches volcaniques du Mézenc et du Mégal; parfois en petits cristaux nets de 5 à 6^{mm} d'un vert plus ou moins violacé (route de Tence au Chambon, à 2 kilomètres de Tence), elle forme le plus souvent des masses irrégulières, quelquefois associées à du grenat : elles sont généralement verdâtres et cireuses, par suite d'une transformation en pinite; les altérations en gigantolite sont plus rares. Il serait oiseux de citer toutes les localités où se trouve cette cordiérite.

Le même minéral abonde dans les enclaves gneissiques du granite à l'est de Saint-Julien-Chapteuil entre Le Monastier et Les Étables.

On trouve aussi la cordiérite dans la granulite au sud de Laussonne dans les gneiss granulitiques de Fix avec grenat et tourmaline.

Enfin les tufs basaltiques des environs du Puy (Cheyrac, Polignac, rochers Saint-Michel, Corneille, etc.), ainsi que les scories de La Denise, renferment en abondance des enclaves d'une granulite à cordiérite dans laquelle ce minéral se présente en masses d'un beau bleu, parfaitement intactes et transparentes. Elle est associée au grenat, à la sillimanite. Elle n'a pas souffert de l'action de la chaleur, qui a souvent plus ou moins complètement transformé tous les autres éléments de la roche (*Les encl. des roches volc.*). Dans la collection du Muséum se trouve un cristal net de cordiérite de La Denise ayant environ 2^{cm} suivant l'axe vertical, recouvert d'un enduit scoriacé produit par la fusion du mica et du feldspath qui l'englobaient. Il présente les faces p (001), m (110), h^1 (100), g^1 (010).

M. Fouqué m'a signalé l'existence de gneiss à cordiérite aux environs de Lempdes, sur les deux rives de l'Alagnon et par suite à la limite de la Haute-Loire et du Puy-de-Dôme.

1. L'abondance de la pinite y a été signalée pour la première fois par Cordier (*J. P.* LXIX. 460. 1809).

2. Ce granite riche en cordiérite altérée a été appelé *bertrandite* par L. Pascal (*Essai géol. sur le Velay*, 286. 1865) en l'honneur de Bertrand Roux, géologue qui a beaucoup étudié le Velay.

Cantal. Des gneiss à cordiérite se trouvent entre Cros de Montvert et le hameau de Goulles, ainsi qu'à Lanobre.

J'ai trouvé des enclaves de gneiss à cordiérite dans les trachytes du Lioran, de Menet, etc. (Voir plus loin à *Puy-de-Dôme*).

Haute-Vienne. M. Besnard du Temple m'a communiqué autrefois une pseudomorphose de cordiérite en gigantolite d'un beau jaune vif provenant de pegmatites des environs de Limoges, sans indication plus précise sur son gisement exact. La collection du Muséum renferme une granulite à biotite de Chanteloube qui contient de très nombreux cristaux de gigantolite analogues à ceux de Huelgoat.

Creuse. Le granite des environs de Montebras en Soumans contient de petits cristaux de cordiérite altérée (gigantolite), analogues à ceux de Huelgoat.

Puy-de-Dôme. La cordiérite abonde dans le Puy-de-Dôme. On la connaît notamment dans les roches granitiques de Durtol, de Chanat, de Ternant (à la Côte Verse à droite de la route de Clermont à Pontgibaud) (Gonnard, *op. cit.*); dans les filonnets granulitiques des gneiss coupés par le chemin de fer entre Pontgibaud et la station de ce nom, M. Gonnard a trouvé des pseudomorphoses de cordiérite de $12^{mm}7$ très micacées et recouvertes d'un enduit ferrugineux (*B. S. M.* V. 52. 1882); le même minéral a été signalé à la base du puy de Montet (en La Goutelle).

M. Michel Lévy a montré que ce minéral existe d'une façon presque constante dans les gneiss granulitiques au N.-O. de Clermont et particulièrement entre les hameaux de Cressigny et de Ternant (*B. S. M.* VI. 329. 1883).

Le gneiss avec cordiérite très fraîche a été trouvé récemment par M. Gonnard à Royat aux portes de Clermont, à Marpont, à Argnat.

Cette même roche se retrouve au S.-O. du mont Dore, dans le canton de Latour à la frontière du Puy-de-Dôme et du Cantal où l'a signalée M. Fouqué (*B. S. M.* IX. 293. 1886). Le village de Cros est particulièrement intéressant à ce point de vue. La cordiérite y est très abondante dans les rochers qui se trouvent à un tournant de la route de Bort à Latour, un peu avant d'arriver au village. Elle s'y montre sous forme de larges taches vertes irrégulières, ayant plusieurs centimètres de diamètre dans quelques-uns des échantillons que j'y ai rencontrés. Cette cordiérite est riche en inclusions de sillimanite, de zircon, de rutile, de grenat, de magnétite et de biotite. Elle est associée en outre

dans le gneiss granulitique à de l'orthose, de l'oligoclase, de la muscovite et du quartz.

D'après M. Fouqué, cette roche se trouve aussi en blocs dans le glaciaire des environs de Bort et en particulier au village de Pradelle (*Corrèze*).

L'abondance des gneiss à cordiérite dans le Puy-de-Dôme explique la fréquence de ce minéral en enclaves dans les roches volcaniques de cette région et en particulier dans les trachytes du mont Dore. J'ai fait voir (*Les encl. des roch. volc.*, 171) comment la cordiérite, l'andalousite, la sillimanite, etc., qui l'accompagnent résistent à l'action non seulement de la chaleur, mais encore à l'action des magmas volcaniques, de telle sorte que ces minéraux se concentrent dans les roches volcaniques qui ont englobé des blocs de leurs roches originelles. Le gisement le plus remarquable à signaler à ce point de vue est celui du Capucin, où l'on trouve souvent des blocs de cordiérite d'un bleu noir foncé atteignant plus d'un décimètre de plus grande dimension. On reconnaît la structure originelle du gneiss, dont tous les lits feldspathiques ont été corrodés et en partie seulement remplacés par des minéraux néogènes qui ont pu librement cristalliser en beaux cristaux dans les géodes ainsi formées (hypersthène, orthose, tridymite, spinelle, magnétite, etc.). Ils se trouvent ainsi associés aux minéraux non attaqués (cordiérite, grenat) dont les cristaux sont parfois isolés, grâce à un décapage convenable ; ils sont souvent implantés sur eux.

Dans ces enclaves, la cordiérite forme des cristaux p (001), m (110), h^1 (100), g^1 (010), généralement groupés en très grand nombre à axes parallèles et intimement associés à de l'andalousite, de la sillimanite, du spinelle, etc. Ils sont toujours absolument intacts. Ils ne diffèrent des cristaux des gneiss normaux que par leur richesse en inclusions vitreuses secondaires et leur imprégnation fréquente par les minéraux néogènes énumérés plus haut.

Des enclaves à cordiérite analogues à celles du Capucin peuvent être recueillies dans le trachyte de la Grande Cascade au mont Dore, ainsi que dans celui de Fontenille.

On trouve des enclaves de granulite avec belle cordiérite bleue (rappelant celle des tufs basaltiques du Velay) dans le trachyte de Pailloux au S.-E. du puy Gros au mont Dore, dans le basalte du lac de Guéry, etc.

Allier. La cordiérite est assez abondante au contact de la granulite et du gneiss de la région de Commentry. M. de Launay l'a notamment

signalée (*B. S. G.* XV. 13. 1887) aux Mazelles (au nord du massif granulitique, sur la rive droite du ruisseau), à l'étang de la Côte au sud du massif de Fonbonne (avec grenat tourmaline et apatite). Le même géologue l'a indiquée au Moulin de Vaise, entre Cressanges et Tréban, etc.

Loire. Le massif granitique et gneissique du mont Pilat sur la frontière de l'Ardèche et de la Loire renferme de remarquables roches à cordiérite. Le gneiss est pénétré par le granite, qui en renferme de nombreuses enclaves; au milieu de celles-ci comme aussi dans le gneiss, M. Termier a signalé l'abondance de la cordiérite, soit intacte, soit transformée en produits colloïdes (*B. C. F.* n° 1. 7. 1889). Les localités particulièrement intéressantes par l'abondance de ce minéral sont les suivantes : Riorama près Le Bessat; les tranchées de la route de Graix à Bourg Argental, la carrière à l'extrémité nord de Saint-Sauveur en Rue, la carrière près le confluent des deux rivières de Pélussin sur la route descendant de ce village à Pélussin; les pentes boisées entre Marcan et la rivière d'Ay (*Loire*); les carrières ouvertes dans les faubourgs d'Annonay, les tranchées du chemin de fer et le tunnel de Midon près Annonay (*Ardèche*).

M. Gonnard a signalé (*C. R.* LCIX.711. 1884) sur les bords du Vizézy, à environ 10 kilomètres de Montbrison, des pseudomorphoses de cordiérite atteignant 6^{cm} sur 3^{cm}. Elles appartiennent au type *gigantolite*; elles sont d'un vert foncé ou d'un gris verdâtre. Les plans de séparation suivant p (001) sont très nets et accentués par la présence de lames de muscovite. Ces pseudomorphoses se trouvent engagées dans le microcline d'une pegmatite renfermant des géodes tapissées de cristaux de quartz enfumé, qui atteignent 10^{cm} de longueur, et de cristaux de microcline, d'apatite verdâtre aplatie suivant la base. Ce gisement parait être celui qui a été indiqué aux environs de Montbrison par Cordier (*J. P.* LXIX. 460. 1809).

Rhône. Drian (*op. cit.*, 77) a signalé l'existence de cordiérite bleue dans une roche gneissique grenatifère entre Riverie et le petit Machizeau. M. Gonnard a rencontré le même minéral transformé en gigantolite dans les filonnets granulitiques de gneiss de la montée de la Butte à Lyon (*Ac. Sc. Lyon.* 1880) et de la rive droite de l'île Barbe près Lyon (*B. S. M.* XII. 16. 1889); elle est généralement d'un gris verdâtre. Quand elle est engagée dans le quartz (île Barbe), elle disparaît parfois par décomposition, laissant des vides polyédriques; la cordiérite altérée a été trouvé à Sainte-Foy-l'Argentière.

Morvan. — *Saône-et-Loire.* Je dois à l'obligeance de M. Berthier la communication de superbes pseudomorphoses de cordiérite qu'il a trouvées à Ozon en Montmort au 9e km. de la route de Toulon-sur-Arroux à Luzy. Elles forment des masses bronzées, se clivant largement suivant la base. Chaque plan de séparation ainsi produit est recouvert de mica et constitué par des lames de mica implantées perpendiculairement à la base (fig. 4, page 516). Ces pseudomorphoses englobent rarement de gros cristaux indistincts de rutile ferrifère. Elles constituent le type le plus régulier de gigantolite que j'aie eu l'occasion d'étudier.

Nièvre. La cordiérite en pseudomorphoses (gigantolite) noires lamellaires se rencontre dans les granulites à l'est de la route de Lorme à Avallon, près de Saint-Martin du Puits.

Côte-d'Or. La collection du Muséum renferme un granite porphyroïde à gigantolite provenant du pont de Beauserin près Semur.

Vosges. — *Vosges.* Les gneiss à cordiérite abondent dans les Vosges et notamment dans le massif de Gérardmer (la Beheuille, Til du Goutte, Rose Haut des Frais, Noirgoutte, Grand-Martin à l'entrée des gorges de la Vologne). La cordiérite se trouve aussi dans les granulites à la Beheuille, à Préchamps près du Tolly, à la cascade du Tendon, aux Xettes, dans la plaine de Martimpré et à Haut des Fraix. Toutes ces indications m'ont été fournies par M. Vélain. Je ne crois pas qu'on ait trouvé de cristaux distincts dans ces divers gisements.

Alpes. — *Massif du mont Blanc. Savoie.* Favre a signalé (*Rech. géol. sur la Savoie*, II. 427) l'existence de la cordiérite altérée (pinite) dans le granite (protogine) de divers points du massif du mont Blanc et notamment près de Jeurs (Tête noire).

Algérie. — *Constantine.* Des enclaves de gneiss à cordiérite, andalousite, sillimanite, ont été rencontrées, par M. Gentil, dans l'andésite quartzifiée du col de Bou Serdoun à environ 5 kilomètres de Collo, sur la route de Cheraia. C'est dans cette roche que se trouvent les beaux cristaux d'apophyllite qui seront étudiés tome II.

b) *Dans les microgranulites et les rhyolites (porphyres).*

C'est dans les microgranulites et les porphyres pétrosiliceux que se rencontrent en France les cristaux les plus nets de cordiérite, mais ce minéral n'y est jamais intact : il est toujours transformé en pinite.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* La pinite a été signalée pour la première fois dans ce département par Cocq (plus tard Lecoq) (*J. M.* XVII. 307. 1804). Elle y existe en cristaux de première consolidation dans la microgranulite d'un assez grand nombre de gisements. Ceux qui ournissent les plus beaux cristaux sont Isserteaux près St-Pardoux et Manzat (et non Morat); ces cristaux atteignent 3 cm suivant l'axe vertical sur 1 cm 5 de largeur. Ils sont d'un gris plus ou moins clair, parfois brunâtres ou noirâtres. L'éclat est gras, la cassure esquilleuse, le minéral est tendre, n'offre généralement aucune trace de clivage basique dans les échantillons que j'ai observés; des variétés clivables y ont cependant été signalées (Gonnard, *op. cit.*). A Isserteaux, ils se dégagent facilement de la roche altérée qui les renferme, tandis qu'à Manzat il est difficile d'extraire de celle-ci des cristaux distincts. Aussi est-ce d'Isserteaux que proviennent la plupart des cristaux indiqués dans les collections comme pinite d'Auvergne.

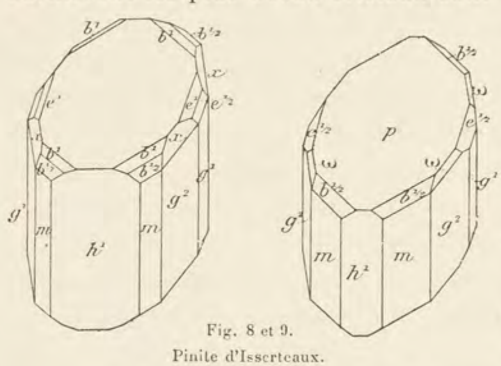


Fig. 8 et 9.
Pinite d'Isserteaux.

Les formes habituelles sont p (001), m (110), h^1 (100), g^1 (010), avec souvent g^2 (130), $e^{1/2}$(021), $b^{1/2}$ (111).

M. des Cloizeaux a décrit (*op. cit.*, I, et atlas, fig. 134 et 135) un cristal plus complexe présentant les formes : p (001), m (110), h^1 (100), g^2 (130), a^x (h0l), e^1 (011), $e^{1/2}$ (021), b (112), $b^{1/2}$ (111), x (7. 21. 4) (fig. 8, d'après M. des Cloizeaux) et un autre dans lequel x est remplacé par ω (131) (fig. 9, d'après M. des Cloizeaux).

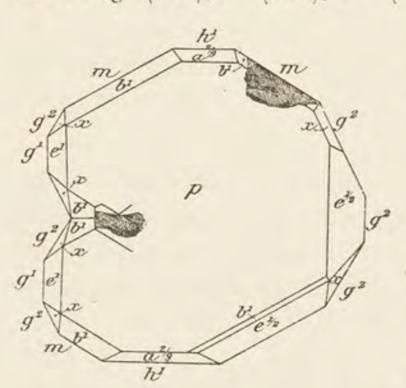


Fig. 10.
Pinite d'Isserteaux.

Tout récemment M. Gonnard a décrit (*B. S. M.* XVI. 17. 1893) un fort beau cristal provenant également d'Isserteaux et présentant les formes p (001), m (110), h^1 (100), g^2 (130), g^1 (010), $a^{2/9}$ (902), $e^{1/2}$ (021), b^1 (112) avec x (7. 21. 4) ou ω (131). (fig. 10, d'après M. Gonnard).

Les cristaux de pinite d'Auvergne présentent assez souvent des groupements à angles droits. (fig. 11) et plus rarement des groupements à 60°, semblables à ceux de la staurotide. Les macles décrites plus haut ne sont pas rares et se manifestent par des lignes de suture sur les faces de la zone verticale.

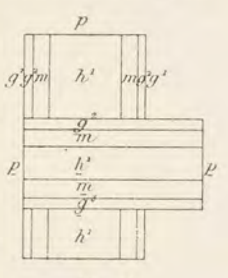


Fig. 11.
Cristaux de pinite d'Isserteaux, groupés à angle droit.

La pinite se trouve en cristaux plus petits et moins riches en faces dans la microgranulite de Sermentison, de Pranal près Pontgibaud (rive droite de la Sioule), près de Mont-la-Côte au nord de Bromant, dans les champs de La Gardette près de Saint-Avit (Gonnard, *op. cit.*, 57), etc.

Morvan. — *Saône-et-Loire.* Les microgranulites et les porphyres pétrosiliceux du Morvan (particulièrement dans l'Autunois) sont localement riches en petits cristaux verdâtres de pinite à formes parfois très nettes. Je n'y ai jamais observé que p (001) et les diverses formes de la zone prismatique énumérées plus haut.

Nièvre, Yonne et *Côte-d'Or.* M. Michel Lévy m'a signalé l'abondance de la pinite en cristaux très nets dans les filons de microgranulite (N.-E.) que l'on observe au bois de Bazoche près Chastellux (*Yonne*), à Lormes (*Nièvre*), dans les porphyres pétrosiliceux du bassin houiller de Sincey-lés-Rouvray (*Côte-d'Or*), et dans les filons (N.-E.) de la même roche du Moulin-Cadoux près Magny et de Presle au N.O de Sainte-Magnance (*Yonne*), dans ceux du bois de Chidde (*Nièvre*). Les échantillons de ce dernier gisement que j'ai eu l'occasion de voir dans la collection de M. Berthier sont très nets ; ils n'atteignent que 3 à 4^{mm} et sont d'un vert pâle. Ils présentent les formes communes de la pinite du Puy-de-Dôme et sont parfois groupés à angle droit.

Les porphyres des environs de Semur (*Côte-d'Or*) et en particulier ceux de Saulieu renferment de beaux cristaux de pinite offrant la même forme que ceux des autres gisements du Morvan.

Vosges. *Haute-Saône.* M. Vélain m'a signalé l'existence de beaux cristaux de pinite dans la microgranulite du Raddon près Ternuay.

Algérie. — *Constantine.* M. Gentil m'a remis de jolis cristaux d'un vert pistache de pinite provenant des microgranulites des environs de Collo. Ils présentent des faces remarquablement nettes : m (110), h^1 (100), g^1 (010), g^2 (130), avec parfois $e^{1/2}$ (021) et $b^{1/2}$ (111). Ils atteignent 1^{cm}

suivant l'axe vertical, mais le plus généralement n'ont que quelques millimètres de longueur; leur couleur est parfois blanche ou rouge.

2° *Dans les schistes paléozoïques métamorphisés au contact du granite ou de la granulite.*

a) *au contact du granite.*

La cordiérite est un élément fréquent des schistes micacés de contact immédiat du granite; mais, dans les gisements français, ce minéral ne s'y rencontre que comme élément *microscopique*. Il forme alors des cristaux prismatiques souvent groupés en grand nombre à axes parallèles; ces cristaux sont généralement postérieurs à l'andalousite qu'ils accompagnent.

Bretagne. — *Finistère.* Je l'ai notamment observé dans les schistes micacés à andalousite (type Huelgoat) de divers gisements et notamment de ceux du contact immédiat du granite de Huelgoat (page 41).

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* Le même minéral est très abondant dans les quartzites paléozoïques métamorphisés par le granite des environs de Cauterets (pic de Péguères, Soum de Liar). Il y forme de grands cristaux généralement transformés en mica cryptocristallin (*pinite*). A l'œil nu, ces pseudomorphoses se montrent sous forme de taches d'un noir verdâtre à éclat cireux qui donnent à la roche un aspect très caractéristique.

Vosges. — [*Alsace*]. M. Rosenbusch a signalé la formation de cordiérite dans les cornéennes de contact immédiat du granite de la vallée de Barr Andlau (*Die Steiger Schiefer*, Strassburg 1877. 143).

b) *au contact de la granulite.*

Pyrénées. — Les schistes micacés à andalousite et staurotide du précambrien des Pyrénées (page 38) renferment très souvent de la cordiérite. Au microscope, on voit qu'elle constitue de grandes plages, souvent dentelliformes, moulant les deux minéraux précédents ainsi que les grains anciens de quartz.

Les plus beaux exemples à citer de ce genre de ce gisement de cordiérite se trouvent dans la zone de schistes micacés de la vallée de l'Ariège, aux environs de Savignac près Ax (*Ariège*). On a vu plus haut

que les filons de quartz à andalousite qui traversent ces schistes renferment parfois eux-mêmes d'énormes cristaux de cordiérite altérée.

Haute-Garonne. La cordiérite intacte ou altérée a été signalée par M. Jannettaz (*B. S. G.* XX. 202. 1863) dans les schistes métamorphisés de la Tour de Castel Vieil près Bagnères-de-Luchon, où elle accompagne la prétendue gédrite, qui sera étudiée plus loin.

L'examen microscopique fait voir que cette cordiérite est remarquablement intacte.

3° *Dans les enclaves des roches volcaniques, comme élément d'origine métamorphique.*

Plateau Central. — Dans un petit nombre d'enclaves de quartzite ou de micaschiste trouvées dans les basaltes [Thiézac (*Cantal*), Orgues d'Espaly (*Haute-Loire*)], j'ai observé la formation par voie de fusion de cristaux *microscopiques* maclés de *cordiérite* présentant les particularités de ceux dont il va être question dans le paragraphe suivant (*Les encl. des roches volc.* 85).

On a vu page 525 que la cordiérite qui abonde dans les enclaves énallogènes des trachytes et andésites du Plateau Central, et en particulier dans celles du Puy-de-Dôme, est un élément normal de ces enclaves, et n'est pas pyrogène.

4° *Dans les roches houillères fondues par les incendies souterrains.*

Plateau Central. — *Allier*, *Aveyron* et *Saône-et-Loire*. Les incendies qui se sont déclarés depuis longtemps dans la Grande Couche de houille de Commentry ont puissamment modifié les roches encaissantes. La tranchée Saint-Edmond permet d'étudier facilement les phénomènes de fusion plus ou moins complète que présentent les grès et les schistes houillers.

Ces roches, suivant leur composition initiale et leur position par rapport au foyer de l'incendie, sont, ou bien vitrifiées, ou bien simplement fondues et transformées en roches grises ou noires, compactes ou celluleuses, véritables *laves* offrant les diverses variétés de texture (*laves cordées*, *scoriacées*; etc.) que l'on observe dans les roches volcaniques basiques modernes. Ces faits sont trop connus pour qu'il soit

nécessaire d'insister. Il n'en est pas de même de la composition minéralogique des produits ainsi formés.

Mallard a étudié (*B. S. M.* IV. 230.1881) l'un d'eux constituant une roche grise, formée de pyroxène et d'anorthite et renfermant des grains d'un phosphure de fer (*rhabdite*); il a montré son analogie, d'une part avec quelques roches volcaniques et de l'autre avec certaines météorites ainsi qu'avec les roches reproduites synthétiquement par MM. Fouqué et Michel Lévy. J'ai moi-même décrit d'autres roches remarquables que j'ai recueillies dans ce gisement (*C. R.* CXIII. 1060. 1891). La roche de Mallard semble être en effet une exception. Le type le plus abondant, qui constitue les laves ayant possédé le plus de fluidité, celui qui forme surtout les variétés cordées, celluleuses, est, en grande partie, *constitué par de la cordiérite.*

Ce minéral se présente en très petits cristaux, à contours nets; ce sont des prismes hexagonaux, formés par les macles décrites plus haut (fig. 2 et 3). Ils atteignent rarement $0^{mm},25$ et sont parfois extrêmement petits. Dans les lames minces, ils sont colorés en violet, sont très pléochroïques et possèdent en lumière polarisée, parallèle et convergente, toutes les propriétés optiques de la *cordiérite*. Souvent, un très petit cristal, dépourvu d'inclusions, est encapuchonné par un grand cristal riche en inclusions vitreuses, et en inclusions de spinellides. Les sections *p* (001) montrent que les deux individus sont formés de groupements complexes, mais que les bandes hémitropes sont indépendantes d'un cristal à l'autre.

Cette cordiérite forme, presque à elle seule, des roches observées en blocs de très grandes dimensions; mais, eu égard à la petitesse des cristaux, il est impossible d'isoler le minéral dans un état de pureté suffisante pour une analyse quantitative. J'ai pu, toutefois, vérifier mon diagnostic optique par des essais chimiques nombreux : la magnésie y est notamment abondante.

Cette *cordiérite* est accompagnée de spinellides (*magnétite* et *spinelle* violet) en octaèdres a^1 (111) nets, souvent groupés en assemblages cristallitiques : il existe toujours un peu de verre incolore ou brunâtre. A ces éléments vient souvent se joindre l'*anorthite* en petits microlites presque rectangulaires, beaucoup plus courts que dans la roche de Mallard. Ce feldspath est, en général, de formation antérieure à celle de la cordiérite.

Enfin la composition devient parfois plus complexe encore par suite

du développement d'*augite*, formant de grandes plages souvent irrégulières qui englobent la cordiérite et l'anorthite : elles sont quelquefois disposées en *structure ophitique* avec ces derniers minéraux. On observe aussi souvent des assemblages arborisés d'augite rappelant les *chondres* des météorites.

La plus ou moins grande abondance relative de ces trois minéraux (*cordiérite*, *anorthite*, *pyroxène*), leurs dimensions très inégales suivant les échantillons, l'abondance ou la rareté du verre, donnent lieu à de nombreuses variétés pétrographiques.

Il est intéressant de remarquer que, toutes les roches qui nous occupent étant le produit de la fusion sur place de couches de schistes et n'ayant coulé que sur quelques décimètres, il n'y a pas eu brassage d'un grand volume de matière fondue : aussi le même échantillon offre-t-il souvent une composition très variable suivant les points considérés, et les roches examinées au microscope se montrent-elles souvent très inhomogènes : elles renferment des concentrations globulaires de composition spéciale. On rencontre fréquemment aussi des roches dont quelques strates seulement sont riches en cordiérite, alors que d'autres en sont totalement dépourvues.

Les roches de Commentry offrent un grand intérêt au point de vue général. Elles montrent, en effet, comment la *cordiérite* (si fréquemment développée par action de contact des roches éruptives les plus variées) peut prendre facilement naissance sous l'influence de la chaleur par modification de roches sédimentaires.

Elles jettent ainsi un jour nouveau sur l'origine possible de la cordiérite de certaines roches volcaniques et particulièrement de celle que l'on rencontre dans les enclaves d'un grand nombre d'entre elles. Les cristaux de Commentry sont surtout remarquablement identiques à ceux qui se produisent si souvent dans les grès et schistes argileux enclavés par les basaltes et auxquels il a été fait allusion plus haut.

Enfin, les roches microlitiques et ophitiques à anorthite et pyroxène sont tellement identiques aux laves modernes, que l'on entrevoit la possibilité de la formation de ces dernières aux dépens d'assises sédimentaires, placées dans des conditions rendant possible leur fusion.

La cordiérite semble être un produit habituel des roches houillères modifiées par la chaleur ; je l'ai, en effet, observé à Cransac (*Aveyron*) et à Épinac (*Saône-et-Loire*) dans les même conditions qu'à Commentry.

ASTROPHYLLITE

$(H, Na\ K)^4\ (Fe\ Mn)^4\ (Ti\ Zr)\ Si^4\ O^{16}$ (Brögger)[1].

Orthorhombique : $m\,m = 90°34'$.

$b : h = 1000 : 3346, 83.$ D = 712,201. $d = 703, 634.$

$[a : b : c = 0{,}99025 : 1 : 4, 7101]$ (Brögger)[2].

Formes observées. g^1 (010), p (001), h^1 (100) ?

Faciès des cristaux. Je n'ai observé que des lamelles, isolées par l'iodure de méthylène de leur gangue pulvérisée. Elles se présentent sous forme rectangulaire ; elles sont aplaties suivant le clivage facile g^1 (010) et allongées suivant l'arête $p\,g^1$ (001) (010). Elles sont limitées par une face qui semble perpendiculaire à g^1 [h^1 (100)]. La face g^1 (010) porte de fines stries correspondant au clivage difficile p (001).

Clivages. Clivage g^1 (010), très facile, micacé, donnant des lames non flexibles se clivant en outre difficilement suivant p (001).

Dureté. 3.

Densité. 3,3 à 3,4.

Coloration et éclat. Les lames d'astrophyllite sont jaune foncé ; elles ont un éclat métalloïde un peu nacré ; elles sont parfois superficiellement brunes ou noires par altération.

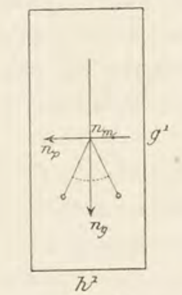


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à p (001).

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à p (001) ; bissectrice aiguë *positive* perpendiculaire à h^1 (100) ; le clivage facile g^1 (010) est donc perpendiculaire à la bissectrice obtuse négative.

De la mesure de $2d$ autour de la bissectrice aiguë et de l'indice moyen $n_m = 1{,}903$ (que nous avons mesuré, M. Michel Lévy et moi, sur les cristaux du Langesundfjord), on déduit pour l'astrophyllite d'Evisa :

$$2\,V = 70° \text{ à } 75° \text{ environ.}$$

La mesure directe de la biréfringence a donné :

$$n_g - n_p = 0{,}055.$$

1. Formule approximative.

2. L'axe a de Brögger a été pris pour axe b afin d'avoir $a < b$ conformément à l'usage pour les minéraux orthorhombiques.

Pléochroïsme. Même en lames minces, la couleur et le pléochroïsme sont intenses avec :

n_g = jaune citron ;
n_m = jaune d'or orangé ;
n_p = jaune d'or foncé.

L'absorption va en croissant de $n_p > n_m > n_g$.

Composition chimique. La composition chimique du minéral de Langesundfjord et du Colorado est approximativement représentée par la formule donnée plus haut. Une partie du fer se trouve à l'état de $Fe^2 O^3$. Je n'ai pu isoler une quantité suffisante du minéral de Corse pour en faire l'analyse, mais des essais qualitatifs donnent les mêmes résultats que pour l'astrophyllite des gisements précités.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, se gonfle et fond en un émail noir. Donne avec le carbonate de soude et le borax les réactions du manganèse ; très difficilement attaquable par l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. L'astrophyllite ressemble à un mica par son clivage facile ; elle en diffère par la non-flexibilité de ses lames, l'existence d'un second clivage parallèle au plan des axes optiques. L'axe n_p est perpendiculaire au clivage facile, comme dans les micas ; mais il constitue la bissectrice *obtuse* et non la bissectrice aiguë, comme dans ces derniers minéraux. La zone perpendiculaire au clivage est positive comme dans les micas ; mais le maximum de pléochroïsme a toujours lieu transversalement à l'allongement des lamelles (suivant n_p). Dans les lames de clivage, la biréfringence est très forte et le pléochroïsme encore transversal à l'allongement suivant pg^1 (001) (010).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'astrophyllite n'a été rencontrée jusqu'à présent que dans deux sortes de gisements, dans les syénites néphéliniques (*Norvège*, etc.) et dans des roches granitiques sodiques (*Colorado*). C'est dans ces dernières roches qu'on la trouve en France.

Corse. — L'astrophyllite a été indiquée par M. Leverrier comme élément *microscopique* des granulites à riebeckite du massif des Calangues de Piana (*C. R.* CIX. 38. 1889). M. Nentien a bien voulu me confier la collection des roches qu'il a recueillies dans cette région

et dont quelques échantillons ont été autrefois examinés par M. Leverrier.

De l'un d'eux, provenant de la route d'Evisa à Ota (sur le sentier muletier quittant la route forestière d'Evisa au col de Porto), j'ai pu extraire la petite quantité d'astrophyllite qui m'a permis de faire les constatations énumérées plus haut. Le minéral, séparé de la roche pulvérisée, par l'iodure de méthylène, forme des lamelles atteignant rarement 1^{mm} de plus grande dimension.

La roche qui contient l'astrophyllite est une pegmatite graphique à riebeckite à éléments fins. L'astrophyllite s'accole parfois à la riebeckite. Elle est contemporaine du quartz automorphe, quelques cristaux de ce minéral étant moulés par l'astrophyllite, alors que d'autres lamelles d'astrophyllite sont incluses dans le quartz.

Cette astrophyllite se rencontre dans les roches des environs d'Evisa dans les mêmes conditions que dans la granulite à riebeckite de San Peter's Dome (*Colorado*). Des pegmatites à très grands cristaux de riebeckite (voir cet article) existant dans cette même région, il est probable que des recherches entreprises dans ce but feront découvrir en Corse, comme au Colorado, des échantillons d'astrophyllite de plus grande taille que ceux que j'ai examinés.

MÉTASILICATES

PÉROWSKITE
Ca Ti O^3

Pseudocubique.

Formes observées. Je n'ai à m'occuper ici que de la pérowskite microscopique d'un basalte à mélilite; elle y forme de petits grains arrondis et très rarement des octaèdres réguliers.

Macles. (Voir aux propriétés optiques).

Clivages. Clivage *p* (100), non visible dans les cristaux microscopiques.

Dureté. 5,5.

Densité. 4,017 à 4,039.

Coloration et éclat. Jaune pâle, brun rouge, noire. En lames minces, jaune brunâtre.

Éclat adamantin et parfois éclat métallique. Transparente en lames minces.

Propriétés optiques. L'examen des propriétés optiques montre que la pérowskite est pseudocubique; elle présente des macles complexes et très enchevêtrées, qui peuvent s'expliquer de la même façon que celles du grenat pyrénéite (page 208), mais, de même que dans la boracite, il y a pénétration intime des divers individus constituant l'assemblage pseudocubique.

Dans les lames minces, la pérowskite montre des lames hémitropes croisées sous des angles de 90°, de 60° ou de 120° suivant l'orientation de la section considérée. Je n'insisterai pas sur ces propriétés optiques, qui ne peuvent être étudiées en détail dans la pérowskite de l'unique gisement dont j'ai à m'occuper (Pour plus de détails, voir : des Cloizeaux *B. S. M.* XVI. 218. 1893).

$$2\,\mathbf{V} = \text{voisin de } 90^\circ \qquad \rho > v \text{ autour de } \mathbf{n}_g .$$

L'indice médian calculé est d'environ 2,39.

La biréfringence est variable et atteint 0,006 à 0,007.

Composition chimique. La formule donnée plus haut correspond à la composition suivante :

TiO^2	58,9
CaO	41,1
	100,0

Une petite quantité de calcium est remplacée par une proportion équivalente de fer.

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau. Avec le sel de phosphore au feu réducteur, la perle est d'un gris verdâtre et devient bleue en refroidissant ; au feu oxydant, elle est verdâtre, elle devient incolore par refroidissement. Décomposée par l'acide sulfurique chaud.

Diagnostic. La forte réfringence, les macles, la coloration et la faible biréfringence constituent un bon diagnostic de la pérowskite dans les plaques minces de roches.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Les beaux cristaux de pérowskite se rencontrent particulièrement dans les calcaires et les schistes cristallins ainsi que dans les calcaires sédimentaires métamorphisés par des roches éruptives (syénites néphéliniques). Il n'existe aucun gisement de ce genre en France.

Comme élément microscopique, la pérowskite se trouve dans diverses roches basiques à néphéline et à mélilite.

Dans les néphélinites à mélilite.

Vosges. — Dans quelques-uns des échantillons de la néphélinite d'Essey-la-Côte que je dois à l'obligeance de M. Vélain, j'ai trouvé des cristaux de mélilite (*Les encl. des roches volc.*, p. 530) accompagnés de grains et d'octaèdres *microscopiques* de pérowskite.

GROUPE DES PYROXÈNES

Les minéraux de ce groupe présentent entre eux les plus remarquables analogies, bien qu'ils cristallisent dans des systèmes différents (orthorhombique, monoclinique et triclinique). Leur forme primitive est un prisme voisin de 87° et de 93°, parallèlement auquel il existe des clivages plus ou moins faciles.

Les angles des principales zones sont très voisins dans les divers pyroxènes.

Dans les pyroxènes orthorhombiques et dans les pyroxènes monocliniques, le plan des axes optiques est compris dans la face tronquant l'angle obtus du prisme.

Au point de vue chimique, les pyroxènes sont essentiellement des métasilicates de calcium, de magnésium et de fer ($R'' Si O^3$); mais beaucoup d'entre eux possèdent une formule plus compliquée et renferment une proportion parfois considérable de sesquioxydes.

Quelques-uns de ceux-là peuvent être représentés par la formule $R' R''' (Si O^3)^2$; tandis que d'autres peuvent être considérés comme constitués par des mélanges des deux radicaux précédents et d'un radical hypothétique $R'' R'''^2 Si O^6$ (Tschermak). Le silicium peut être en partie remplacé par du titane. Dans ces diverses formules,

R' = *Na*, *Li*; *R''* = *Ca*, *Mg*, *Fe*, plus rarement *Mn*, *Zn*, *Ce*; *R'''* = *Al*, *Fe*, plus rarement *Cr* et *V*.

A ce groupe des pyroxènes normaux, on peut joindre quelques minéraux (titanifères, zirconifères ou niobifères) se rapprochant d'eux, soit par la composition chimique, soit par la forme ou les propriétés optiques.

Ainsi largement compris, le groupe des pyroxènes est constitué par les espèces suivantes :

a) Pyroxènes orthorhombiques.

Enstatite . . . . $Mg Si O^3$
Bronzite . . . . $(Mg, Fe) Si O^3$
Hypersthène. $(Fe, Mg) Si O^3$

b) Pyroxènes monocliniques.

Groupe		Espèce	Formule
Pyroxènes proprement dits.		*Diopside*	$Ca, Mg (Si O^3)^2$
		Hédenbergite	$Ca, Fe (Si O^3)^2$
	*	*Schefferite* ..	$(Ca, Mg)(Fe, Mn)(Si O^3)^2$
	*	*Jeffersonite* ..	$(Ca, Mg)(Fe, Mn, Zn)(Si O^3)$
		Augite	$m\, Ca (Mg, Fe) (Si O^3)^2 + n (Mg, Fe)(Al, Fe)^2 Si O^6 + p\, Na Al (Si O^3)^2$
		Ægyrine	$Na Fe''' (Si O^3)^2$
		Jadéite	$Na Al (Si O^3)^2$
		Triphane: ...	$Li Al (Si O^3)^2$
Annexe aux pyroxènes monocliniques.		*Wollastonite*.	$Ca Si O^3$
	*	*Pectolite*	$H Na Ca^2 (Si O^3)^3$
	*	*Rosenbuschite*	$Na^2 Ca^3 [(Si, Zr, Ti) O^3]^4$
		Låvenite	$(Mn, Ca, Fe)(Zr, O, F) Na (SiO^3)^2$
		Wöhlerite ...	$Ca^{10} Na^5 Si^{10} Zr^3 Nb^2 O^{42} F^3$
	*	*Johnstrupite* et *Mosandrite*	$Ce^2 Ca^8 Na^3 (F, OH)^7 (Si O^3)^9$
		Rinkite	$Ce^2 Ca^4 Na^3 (Si, Ti)^6 O^{19} F^3$

c) Pyroxènes tricliniques.

	Espèce	Formule
	Rhodonite ...	$Mn Si O^3$
*	*Babingtonite*.	$(Ca, Fe, Mn) SiO^3 + m Fe^2 (SiO^3)^3$
*	*Hiortdahlite*.	$Na^4, Ca^{12} (Si, Zr)^{14} O^{39} F^6$

Les espèces dont les noms sont précédés d'un * ne se trouvent pas dans les gisements français. Je n'aurai donc pas à m'en occuper ici.

PYROXÈNES ORTHORHOMBIQUES

L'*enstatite* ne présente que rarement la composition théorique $Mg Si O^3$; le plus souvent elle est ferrifère et se rapproche plus ou moins de la *bronzite*. Suivant l'exemple de M. Tschermak, je réserve

le nom de *bronzite* aux pyroxènes orthorhombiques dans lesquels la proportion de Fe O ne dépasse pas 12 °/₀. Ceux qui sont plus ferrugineux constituent l'*hypersthène*.

Comme les pyroxènes monocliniques, les pyroxènes rhombiques renferment fréquemment des quantités variables d'alumine.

La distinction entre enstatite et hypersthène est légitime, car les variations de composition chimique sont accompagnées de variations très caractéristiques dans les propriétés optiques.

Propriétés optiques. Pour tous ces minéraux, le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010) ; n_g est perpendiculaire à p (100), n_p à h^1 (100).

Dans l'enstatite, n_g est la bissectrice aiguë des axes optiques (fig. 1).

$$2V = 69^o \text{ environ et } \rho > v;$$

cet angle augmente avec la teneur en Fe O, pour devenir (fig. 2) :

$$2V = 90^o$$

quand la proportion de Fe O s'élève à 10 °/₀ (bronzite) (fig. 2). Au delà de cette limite, n_p devient bissectrice aiguë (hypersthène) (fig. 3) et, autour d'elle, l'angle 2V diminue à mesure que la proportion de Fe O s'élève. La dispersion est $\rho > v$ autour de cette bissectrice aiguë.

En d'autres termes, l'écartement des axes autour de n_g croît d'une façon continue avec le Fe O.

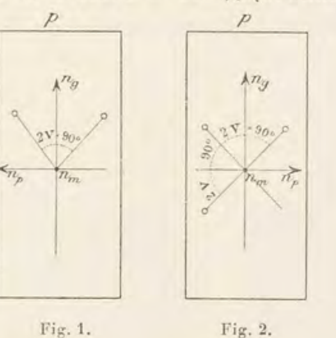


Fig. 1. Enstatite. Fig. 2. Bronzite. Fig. 3. Hypersthène.

Face g^1 (010) des pyroxènes orthorhombiques, parallèle au plan des axes optiques, montrant la position de la bissectrice *aiguë*.

La biréfringence, la réfringence et la densité augmentent avec la teneur en fer, de l'enstatite à l'hypersthène.

Propriétés géométriques. Les valeurs des paramètres paraissent très voisines dans les divers pyroxènes orthorhombiques, bien qu'aucune enstatite très pauvre en fer n'ait encore été mesurée.

Bronzite (13,6 °/₀ de Fe O); $a : b : c = 0,97020 : 1 : 0,57097$ (v. Lang, météorite de Breitenbach);

Hypersthène (25,6 °/₀ de Fe O) ; $a : b : c = 0,97133 : 1 : 0,57037$ (vom Rath, lac de Laach).

Conformément à l'usage admis pour les minéraux orthorhombiques, l'axe a a été pris plus petit que 1, l'angle obtus de mm (93° environ) étant placé en avant. Cette position a toutefois l'inconvénient de cacher les analogies que présentent entre eux les pyroxènes orthorhombiques et les pyroxènes monocliniques ; les faces respectivement notées g^1 (010) dans les premiers, h^1 (100) dans les seconds, ayant la même position par rapport à l'angle obtus des clivages m (110) et possédant des propriétés physiques comparables. Si l'on prend le paramètre a donné plus haut comme b (= 1) afin d'obtenir une même position pour les deux séries de pyroxènes, on a :

Bronzite, $a : b : c = 1,0307 : 1 : 0,5885$;
Hypersthène, $a : b : c = 1,0319 : 1 : 0,5872$.

Macles. — Les pyroxènes orthorhombiques présentent tous les mêmes macles :

1° Macles en croix constituées par 2 ou 3 individus avec a^1 (101) pour face d'association ;

2° Macles polysynthétiques suivant e^4 (014). Ces macles sont d'origine secondaire et sont très fréquentes dans les pyroxènes rhombiques des roches grenues (péridotites, norites, etc.). Elles se manifestent sur le clivage g^1 (010) par des gouttières, perpendiculaires à l'axe vertical.

Fig. 4 et 5.
Variétés que présentent les macles polysynthétiques suivant e^4 (014). Sections h^1 (100)

J'ai décrit en détail (*Nouv. Arch. du Muséum*, VI. 234) les deux variétés de cette macle que j'ai observées dans la bronzite des lherzolites des Pyrénées.

Dans le premier type, les individus maclés s'éteignent de deux en deux quand on les examine entre les nicols croisés ; dans le second, au contraire, chaque individu présente une orientation différente du précédent ; si le nombre des individus composants est suffisant, il se produit un groupement en roue rappelant celui des cristaux de rutile maclés suivant b^1 (112). Les figures 4 et 5 rendent aisément compte de ces macles.

Dans le premier cas, la plage 2 peut être considérée comme ayant sa face $(0\bar{1}\bar{4})$ parallèle à la face $(0\bar{1}4)$ du cristal 1 et $(01\bar{4})$ du cristal 3, tandis que, dans le second cas, la face $(01\bar{4})$ du 3ᵉ cristal est parallèle à la face $(0\bar{1}4)$ du cristal 2, mais n'est parallèle à aucune de celles du cristal 1.

Les fig. 6 et 7 montrent l'aspect que présentent ces deux macles dans les plaques minces de roches.

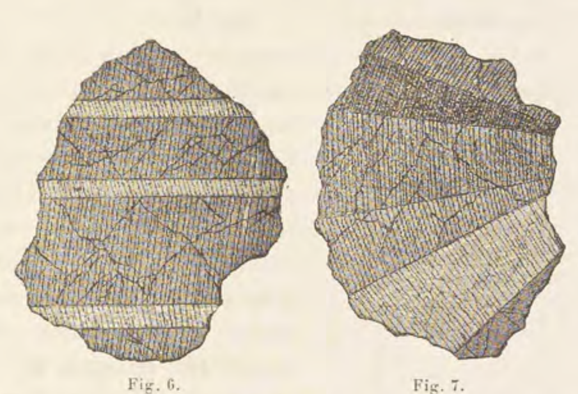


Fig. 6. Fig. 7.

Lames minces de bronzite de la lherzolite des Pyrénées, maclées suivant e^4 (014) et correspondant aux dispositions respectivement représentées par les figures 4 et 5 (Lumière polarisée).

Groupements réguliers des pyroxènes rhombiques et d'autres minéraux. — Pyroxènes rhombiques et pyroxènes monocliniques. — Les groupements réguliers de pyroxènes rhombiques avec les pyroxènes monocliniques (augite, diallage) sont très fréquents. Ils se présentent avec des particularités spéciales, suivant la nature de la roche qui les renferme, mais ils ont tous un caractère commun. Les deux minéraux sont associés suivant la face qui dans chacun d'eux présente la même importance au point de vue des propriétés physiques : la face g^1 (010) pour les pyroxènes rhombiques et la face h^1 (100) pour les pyroxènes monocliniques. On voit, en effet, que ces deux faces sont homologues dans les deux systèmes. Ce sont elles qui tronquent l'angle obtus du prisme de 93°; c'est suivant elles qu'a

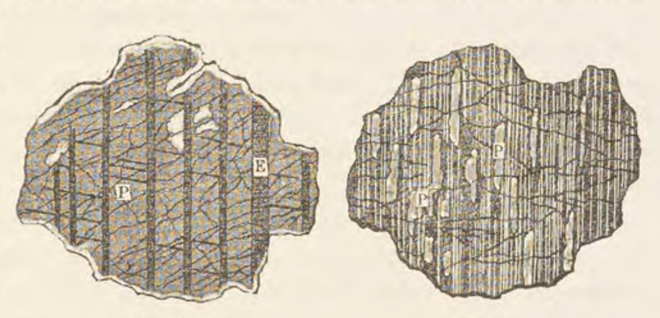


Fig. 8. Fig. 9.

Lames minces de pyroxènes rhombiques et monocliniques régulièrement associés (Lherzolite de l'Ariège). Dans la fig. 8, le diallage (P) englobe la bronzite (E) sous forme de lames parallèles; inversement, dans la fig. 9, c'est la bronzite qui englobe les bandelettes de diallage (P).

lieu la lamellisation caractérisque de l'hypersthène et du diallage.

Dans les roches grenues (péridotites et nodules à hornblende, pyroxénolites, gabbros, norites), les deux minéraux sont associés sous forme de bandelettes alternatives; le diallage est le plus souvent l'élément dominant de l'assemblage, englobant l'autre (fig. 8), bien que l'inverse ne soit pas rare (fig. 9).

Dans les roches volcaniques, les pyroxènes rhombiques et monocliniques s'associent de deux façons différentes: tantôt il y a simple accolement des deux minéraux (fig. 11), tantôt l'augite englobe l'hypersthène (fig. 12). Les deux cas coexistent dans une même roche; ils se rencontrent dans presque toutes les roches volcaniques à bronzite ou à hypersthène. Ces groupements ne peuvent se voir qu'à l'aide du microscope. Ils sont bien mis en évidence par les propriétés optiques et notamment par la biréfringence différente des deux minéraux.

Fig. 10. Fig. 11.

Groupements réguliers de pyroxène rhombique et de pyroxène monoclinique, par *englobement* (fig. 10), ou par *accolement* (fig. 11). (Andésites à hypersthène d'Auvergne, etc.)

Pyroxènes rhombiques et amphibole. — Les groupements de pyroxènes rhombiques et de hornblende sont analogues à ceux qui viennent d'être décrits, mais ils sont plus rares (lherzolite des Pyrénées).

Pyroxènes rhombiques et péridot. — Les groupements chondritiques d'enstatite et d'olivine sont décrits page 552 (fig. 2 et 3; voir aussi fig. 18, page 191); ils consistent en une interpénétration des deux minéraux présentant une forme cristallitique : ils ne constituent plus de groupements liés par une relation géométrique.

Je ne me suis occupé ici que des groupements primaires; beaucoup des produits d'altération qui vont être décrits sont aussi géométriquement orientés sur le minéral primordial.

Inclusions. Les inclusions caractéristiques de l'hypersthène seront décrites page 554 (fig. 1). Les pyroxènes rhombiques présentent, dans les roches grenues, des inclusions gazeuses ou liquides souvent allongées suivant l'axe vertical de leur hôte, plus rarement des inclusions vitreuses. Dans les roches volcaniques ils possèdent fréquemment de très belles inclusions vitreuses avec ou sans bulle ou cristaux de magnétite.

Essais pyrognostiques. L'enstatite est à peu près infusible au chalu-

meau et insoluble dans les acides; la fusibilité augmente et la résistance aux acides diminue avec la teneur en fer.

Altérations. — Altérations atmosphériques. — *a*) Transformation en bastite. — La transformation en *bastite* est l'homologue de la serpentinisation du péridot. On a vu page 424 que la bastite est une variété d'antigorite; elle présente ceci de particulier, qu'elle est géométriquement orientée sur le minéral qu'elle épigénise et qu'en outre un seul cristal de bastite se produit aux dépens d'un seul cristal de pyroxène rhombique. Le clivage facile des deux minéraux a lieu dans la même direction; mais les propriétés optiques sont différentes, ce clivage étant parallèle au plan des axes optiques du pyroxène rhombique et perpendiculaire à la bissectrice aiguë négative de la bastite. La réfringence de ce dernier minéral est bien plus faible que celle du pyroxène.

A l'œil nu, la bastite est verte ou jaune avec éclat bronzé.

La transformation s'effectue d'une façon fort irrégulière, tantôt suivant les clivages ou les cassures, tantôt par la périphérie. La fig. 1 de la page 549 représente un échantillon offrant de la façon la plus nette cette dernière particularité. Au milieu de la serpentine du Moun caou provenant d'une lherzolite porphyroïde s'observent des *yeux* dont le centre jaune brun est constitué par la bronzite intacte entourée par une zone verte de bastite.

b) Transformation en talc. — L'hypersthène d'Arvieu (*Aveyron*) se transforme parfois en talc fibrolamellaire qui conserve encore les inclusions titanifères de ce minéral.

Ouralitisation. — L'ouralitisation des pyroxènes rhombiques est beaucoup moins fréquente que celle des pyroxènes monocliniques. Dans les lherzolites de l'Ariège, j'ai observé des cas fréquents de transformation de bronzite en amphibole vert pâle (*Nouv. Arch. du Muséum, op. cit.* 1894); tantôt celle-ci forme des facules, tantôt elle constitue des traînées longitudinales ou transversales au milieu du pyroxène rhombique avec lequel elle est géométriquement orientée.

Plus rarement, les lherzolites sont traversées par de fines diaclases sur les bords desquelles tous les éléments, y compris la bronzite, se transforment en amphibole dentelliforme ou cristallitique au milieu de dipyre (Lherz, Sem).

J'ai décrit en outre dans la lherzolite du Tuc d'Ess (*Haute-Garonne*)

des transformations curieuses; tous les éléments de la roche disparaissent et sont remplacés par une association dentelliforme d'amphibole, de spinelle vert et d'anorthite. On y voit souvent des débris de bronzite sur lesquels sont implantés les cristaux d'amphibole (*op. cit.* p. 256).

Transformation en anthophyllite. — Je décrirai page 557 avec quelques détails un genre particulier de transformation d'hypersthène en anthophyllite.

Altérations dues à la chaleur ou à l'action des magmas volcaniques. — Dans les enclaves (homœogènes ou énallogènes) des roches volcaniques basiques, on observe très souvent des phénomènes de fusion des pyroxènes rhombiques; ils sont accompagnés de recristallisations, non pas du minéral primordial, mais d'augite. J'ai décrit et figuré (*Les encl. des roches volc.*) un grand nombre d'exemples de ce genre, observés, soit dans les nodules à olivine des basaltes d'Auvergne etc., soit dans des enclaves ayant la composition de norites. Les cristaux néogènes d'augite prennent souvent des formes cristallitiques et se réunissent en grand nombre pour former un squelette de grand cristal qui est fréquemment orienté sur le pyroxène rhombique aux dépens duquel ils se forment progressivement. Ces cristaux d'augite sont généralement accompagnés par du verre, des spinellides, par de l'olivine allongée suivant l'axe vertical, etc.

ENSTATITE — BRONZITE

$Mg\ Si\ O^3$ — $(Mg, Fe)\ Si\ O^3$

Formes observées. La bronzite des gisements français ne se trouve en cristaux distincts que dans quelques roches volcaniques; ils paraissent terminés par la face e^2 (012); le plus souvent le minéral forme des masses laminaires dépourvues de contours.

Déformations mécaniques. La bronzite des lherzolites des Pyrénées a subi des déformations mécaniques extrêmement intenses. Ses clivages sont souvent gondolés, et, dans les lames minces, on constate, grâce

aux propriétés optiques, que le minéral a été tordu. Des macles secondaires suivant e^4 (014) sont fréquentes.

Clivages. Clivage *m* (110), plans de séparation souvent très faciles suivant g^1 (010), quelquefois suivant h^1 (100) ou *p* (001) (bronzite des lherzolites de l'Ariège).

Dureté. 5,5.

Densité. 3,1 à 3,4; 3,19 b. de Reichenweier (M. Linck), 3,27 (M. Damour, étang de Lherz), 3,359 (b. du mont Brézouard, M. Damour).

Coloration et éclat. Blanche, grisâtre, jaune, brune, vert olivâtre. Éclat vitreux, nacré sur les lames de clivage; quelquefois éclat un peu gras ; éclat métalloïde dans certaines bronzites. Transparente ou translucide.

Propriétés chimiques. On a vu plus haut quelles sont les propriétés optiques de l'enstatite. Dans la bronzite, j'ai observé dans des plaques perpendiculaires à la bissectrice aiguë positive normale à *p* (001) (lumière rouge) :

	Enstatite du mont Zdjar.	Bronzite[1]
n_m =	1,639	1,668 (Kupferberg) (Dx)
2 V =	69°42′	70° environ. Lherz

Pléochroïsme. L'enstatite et la bronzite sont incolores en lames minces. Dans les sections de $0^{cm}10$ d'épaisseur, j'ai observé pour la bronzite de l'étang de Lherz :

n_g = vert clair;
n_m = jaune brunâtre;
n_p = jaune pâle.

Composition chimique. *a*) Composition correspondant à la formule théorique Mg Si O^3;

Analyses de la bronzite : *b*) d'un nodule à olivine de Reichenweier, par M. Linck. (*Mittheil. Comm. geol. Landesanst. Elsass-Loth.* I. 49. 1887);

c) de la bronzite de la lherzolite de Lherz, par M. Damour (*B. S. G.* XIX. 414. 1862);

1. Voir la note de la page 555.

d) de la bronzite de la serpentine du mont Brézouard, par M. Damour (*in* Dx *op. cit.* I. 45).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)
SiO^2........	60	54,76	56,70	52,67
TiO^2.......	»	»	»	0,60
Al^2O^3......	»	4,90	0,60	4,84
Fe^2O^3......	»	»	»	2,07
FeO........	»	9,35	7,72	5,11
MgO.......	40	30,22	33,61	32,82
CaO........	»	»	»	1,55
Alcalis......	»	»	»	0,94
H^2O........	»	»	1,04	»
	100	99,23	99,67	100,60
Densité		3,359	3,27	3,19

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, l'enstatite est à peu près infusible. La bronzite s'arrondit seulement sur les bords. Inattaquable par les acides.

Altérations. (Voir page 545).

Diagnostic. L'enstatite et la bronzite se distinguent de l'hypersthène par leurs propriétés optiques; l'enstatite et la plupart des bronzites sont incolores en lames minces. Le meilleur diagnostic différentiel de l'enstatite avec la bronzite consiste dans l'écartement des axes, qui dans la bronzite est toujours voisin de 90°.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS.

L'enstatite et la bronzite se rencontrent en France dans les diverses conditions suivantes :

1° Dans les roches éruptives grenues;

2° Dans les nodules à olivine des roches volcaniques basiques;

3° Dans les météorites.

1° *Dans les roches éruptives grenues.*

a) *Dans les norites, les péridotites et les pyroxénolites.*

Pyrénées. — La bronzite est l'un des éléments constitutifs de la lherzolite. Dans quelques gisements, elle se présente en grands individus porphyroïdes ou constitue des ségrégations dans la roche intru-

sive. (Pour plus de détails je renvoie à mon mémoire *Nouv. Arch. du Muséum, op. cit.*, 1894).

Basses-Pyrénées. La lherzolite porphyroïde du Moun caou en Louvie Juzon renferme en abondance des cristaux porphyroïdes de bronzite atteignant $1^{cm}5$; ils présentent parfois la macle suivant e^4 (014) macroscopique. La lherzolite de ce gisement est très altérée et transformée localement en serpentine.

J'ai recueilli un échantillon dont toute la masse est serpentinisée; le centre des grands cristaux de bronzite est seul intact; leur couleur jaune brunâtre tranche vivement sur celle de la bastite d'un vert foncé qui les épigénise à leur périphérie (fig. 1).



Fig. 1.
Bronzite se transformant à sa périphérie en bastite (Échantillon de la lherzolite du Moun caou, réduit de moitié).

Haute-Garonne. La lherzolite porphyroïde de Moncaup-Arguénos et celle du Tuc d'Ess près Coulédoux renferment de grands cristaux de bronzite semblables à ceux du Moun caou.

Ariège. La lherzolite de l'étang de Lherz, des ravins dominant le Bastard, de la vallée de Suc, des environs de Vicdessos et de la croix de Sainte-Tanoque en Lercoul sont à grains moyens ou à grains fins; l'enstatite n'y forme que très rarement de grandes plages de 1^{cm} avec macle e^4 (014) (ravin de la Plagnole); mais j'ai trouvé en divers points de cette région, et notamment à la Fontète rouge et à Porteteny près Vicdessos, des ségrégations plus grosses que la tête formées presque entièrement de bronzite brune lamelleuse. La lherzolite de Sem et des environs de Prades, au contraire, est à grands éléments, et, sur les surfaces altérées à l'air, on voit apparaître la bronzite et le pyroxène chromifère en grains atteignant souvent un ou deux centimètres.

Dans tous ces gisements et particulièrement dans ceux de l'Ariège, la bronzite brune est l'un des éléments constituants de roches filoniennes à grands éléments traversant la lherzolite, roches que j'ai décrites sous le nom de *bronzitites* (*Nouv. Arch. du Muséum*, VI. 270. 1894).

Plateau Central. — La bronzite se rencontre dans un grand nombre de serpentines de péridotites du Plateau Central; je citerai les seuls gisements suivants comme particulièrement intéressants.

Haute-Loire. Dans une collection de minéraux des serpentines de Coureuges en Saint-Préjet que vient de me remettre M. Bouhard, se trouvent des concentrations de bronzite formées par des cristaux de 2^{cm} de longueur, transformés en bastite d'un beau jaune d'or à éclat métallique. Ce gisement est le plus remarquable de ceux que j'ai à signaler au sujet de la bronzite[1]. M. Gonnard m'a donné un échantillon de serpentine des Lardons près Montfaucon (*B. S. M.* XVII. 276. 1894). Il renferme des plages de bronzite de plus de 1^{cm}, peu altérée en bastite ; ce minéral est par places presque entièrement entouré par un agrégat d'aiguilles d'une hornblende d'un vert sombre presque incolore en lames minces ; elles atteignent 1 à 2^{mm}.

Aveyron. La norite d'Arvieu renferme, à côté de l'hypersthène, dont il sera question plus loin, une bronzite jaune pâle ; on verra que l'hypersthène de ce gisement est très voisin de la bronzite.

Vosges. — [*Alsace*]. M. Damour a donné (*in* Dx, *op. cit.* I. 45) une analyse d'une bronzite trouvée par Fournet (*Ann. Soc. d'Agr. Lyon* 1847) dans la serpentine du mont Brézouard (ou Bressoir) en Faurupt (Starkenbach). C'est cette même bronzite qui a été étudiée plus récemment par M. Weigang (*Tschermak, Mitth.* 1875. 192).

Corse. — La bronzite se rencontre en grandes plages, généralement transformées en bastite à éclat métalloïde dans les péridotites serpentinisées de la Corse (particulièrement au cap Corse) ; elle y est associée à du diallage.

Algérie. — *Constantine*. La bronzite en grandes plages se trouve dans les lherzolites et leurs serpentines à Collo.

Nouvelle-Calédonie. — La bronzite abonde dans les harzburgites et leurs ségrégations à la Nouvelle-Calédonie. Elle se rencontre aussi dans des roches filoniennes (bronzitites avec ou sans diopside chromifère) qui forment des filons au milieu des péridotites. Ces bronzitites fournissent des échantillons comparables à ceux du mont Webster (Caroline du Nord) et de Kupferberg. Exceptionnellement, on y trouve des masses laminaires de bronzite atteignant 5^{cm} de plus grande dimension ; elles sont associées à des facules d'amphibole verte. Ces roches m'ont été communiquées par M. Pelatan.

1. La bastite de Coureuges en Saint-Préjet est la plus belle qui se trouve en France. Ce gisement est à ajouter à la page 425.

b) *Dans les roches volcaniques.*

Plateau Central. — *Lot.* M. Michel Lévy a décrit (*C. R.* CVIII. 597. 1889) des basaltes (mélaphyres) contemporains du houiller ou postérieurs à ce terrain qui ont été trouvés par MM. Maurel et Bergeron à l'est de Figeac dans la vallée du Célé, au nord de cette ville dans la vallée de Planiolles, enfin sur la rive droite du Lot, à Gaillot au sud de Faycelles. Ils renferment la bronzite en cristaux intratelluriques de $0^{cm}5$ à 1^{cm} et aussi en microlites ; la bronzite est accompagnée de fort peu d'augite.

Il est possible que, dans quelques-unes des roches volcaniques décrites page 560, le pyroxène rhombique soit de la bronzite.

2° *Dans les nodules à olivine des roches volcaniques basiques.*

Les roches volcaniques basiques renferment des enclaves homœogènes ayant la composition minéralogique et la structure de la lherzolite grenue du type moyen des Pyrénées. La bronzite s'y présente avec les mêmes caractères que dans cette dernière roche.

Je renvoie à la page 87 pour les principaux gisements de ces nodules à olivine.

J'ajouterai cependant quelques autres gisements dont j'ai eu connaissance depuis la publication de cette partie de mon livre. Je ferai remarquer en outre que c'est à des bombes de ce genre que doit être rapportée la roche citée par M. des Cloizeaux (*op. cit.*, I. 541) à Beyssac (*Haute-Loire*) et qui est inexactement indiquée comme lherzolite dans la plupart des traités de minéralogie.

Vosges. — Nodules à olivine dans les néphélinites d'Essey-la-Côte.

[*Alsace*]. L'analyse *b* a été faite par M. Linck sur la bronzite des nodules à olivine de la limburgite de Reichenweier.

Provence. — *Bouches-du-Rhône.* Nodules à olivine très altérés dans la néphélinite de Beaulieu (M. Collot).

Algérie. — *Oran.* M. Gentil m'a remis des échantillons de nodules à olivine provenant des tufs de leucotéphrites d'Aïn-Témouchent.

Réunion. — M. Vélain m'a communiqué de beaux nodules à olivine provenant des basaltes de la Réunion.

3° *Dans les météorites.*

Les pyroxènes rhombiques se rencontrent en abondance dans les météorites sporadossydères (voir page 192 pour la liste des chutes françaises). Ils y présentent tous les types de composition observés dans les pyroxènes rhombiques terrestres. On les y observe rarement en cristaux distincts, mais généralement en grains ou en groupements chondritiques. Ceux-ci sont le plus souvent formés de cristallites allongés, parfois comme articulés. Ils forment fréquemment des groupes divergents asymétriques dont le point de départ se trouve, soit dans le chondre lui-même, soit en dehors (voir page 191, fig. 18, dans l'angle supérieur gauche). Quand les fibres sont très fines, la structure vue en lumière polarisée parallèle rappelle celle des sphérolites.

Plus rarement les éléments de ces chondres ont une disposition quelconque (fig. 2).

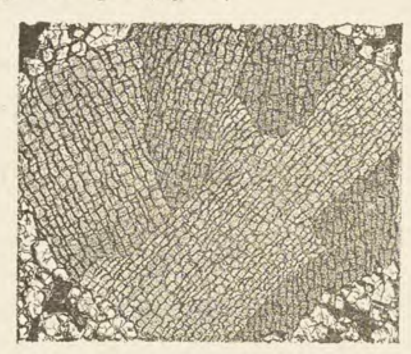


Fig. 2.
Lame mince d'un chondre de la météorite de Château-Renard formé par de l'enstatite en grandes baguettes articulées. (Grossissement de 200 diamètres ; lumière polarisée.)

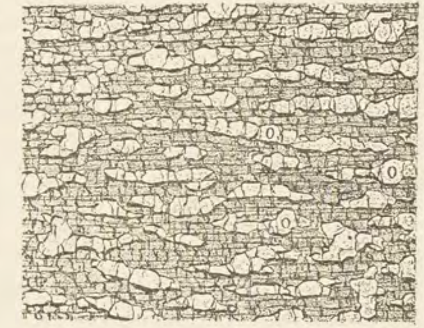


Fig. 3.
Lame mince d'un chondre de la météorite de Château-Renard. formé par l'association d'enstatite et d'olivine. (Grossissement de 200 diamètres; lumière polarisée.)

Tantôt le pyroxène rhombique constitue à lui seul les chondres, tantôt il y est intimement associé au péridot (fig. 3).

HYPERSTHÈNE

(Fe, Mg) Si O^3

$b : h = 1000 : 758{,}229$. $D = 717{,}315$. $d = 696{,}750$.

$[a : b : c = 0{,}97133 : 1 : 0{,}57037]$ vom Rath.

Formes observées. (Hypersthène du Capucin) : p (001), m (110), h^1 (100), h^3 (210), g^1 (010), g^3 (120) ; $\dot{a}^{1/2}$ (201) ; e^4 (014), e^2 (012), $e^{4/3}$ (034), $e^{5/4}$ (045) ; $b^{1/2}$ (111) ; $a_3 =$ (211), $n = (b^1\, b^{1/3}\, h^{1/2})$ (212), $y = (b^1\, b^{1/7}\, h^{1/2})$ 432), $\xi = (b)^{1/3}\, b^{1/5}\, h^{1/2})$ (412), $x = (b^1\, b^{1/5}\, g^{1/2})$ (232).

Dans le tableau d'incidences qui suit, les abréviations Dx., R., O., B., sont mises en regard des mesures prises par MM. des Cloizeaux, vom Rath, Œbbecke et Busz, sur les cristaux du Capucin.

	Angles calculés	Angles mesurés	
mm sur h^1	91°40′	91°32′30″	(Dx.)
mh^1	* 135°50′	135°27′30″	(Dx.)
mg^1	134°10′	134° 6′	(Dx.)
		4′ à 18′	(R.)
g^1g^3	152°46′		
mg^3	161°24′30″		
h^1g^3	117°14′30″		
h^1h^3	154° 6′		
$pa^{1/2}$	130°25′		
$mb^{1/2}$ adj.	129°17′		
pa_3	127°17′		
na_3	160°25′		
$g^1e^{5/4}$	114°33′	114°32′	(B.)
$g^1e^{4/3}$			
g^1e^2	105°55′	105°50′	(Dx.)
g^1e^4	98° 6′30″	97°26′	(Dx.)
h^1x	114° 2′30″		
h^1a_3	135°34′	135°48′	(Dx.)
$h^1b^{1/2}$	117° 1′	117°20′	(Dx.)
$a_3b^{1/2}$ adj.	161°27′	161°55′	(Dx.)
$b^{1/2}b^{1/2}$ s. g^1	125°58′		
h^1n	119°26′	119°6′40″	(Dx.)
h^1e^2	90°	90° 3′	(Dx.)
h^1n (sur e^2)	60°34′	60°35′	(Dx.)
nn sur e^2	121° 8′	121°20′	(Dx.)
g^1a^3	110°17′	110° 7′	(Dx.)
a_3a_3 sur h^1	139°26′	1 9°15′	(Dx.)
g^1x	126°24′30″	126° 2′44″	(Dx.)
$g^1b^{1/2}$	116°11′	116°43′20″	(Dx.)
g^1n	103°49′	103°41′49″	(Dx.)
xn adj.	157°24′30″	157°	(Dx.)
$b^{1/2}n$ adj.	167°38′	167°30′	(Dx.)
$b^{1/2}x$ adj.	169°46′		
$b^{1/2}b^{1/2}$ s. n	127°38′	126°40′	(Dx.)
nn sur h^1	152°22′	152°	(Dx.)
mx adj.	134°53′30″	134°52′ à 54′	(R.)
mn adj.	121°16′		
ma_3 adj.	138°55′		
ma_3 opp.	* 105°42′		
ne^4 adj.	149°39′		

Faciès des cristaux. Les cristaux nets d'hypersthène sont toujours allongés suivant l'axe vertical ; tantôt les faces h^1 (100) et g^1 (010) sont également développées : la section des cristaux est alors carrée (fig. 7); tantôt au contraire les cristaux sont aplatis suivant g^1 (010) : leur section est dans ce cas rectangulaire (fig. 4) : dans les gisements décrits plus loin, l'aplatissement suivant h^1 (100), fréquent au lac de Laach, n'a jamais été constaté.

Les pointements ont parfois un développement dissymétrique (fig. 7) : les faces x (232) ne manquent jamais dans les cristaux des gisements français.

Le plus souvent, l'hypersthène se présente en grandes plages à éclat bronzé sans contours cristallins, lamellaires suivant g^1 (010).

Clivages. Clivages, g^1 (010) parfait, m (110), h^1 (100) nets mais interrompus.

Dureté. 5 à 6.

Densité. 3,2 à 3,50 ; 3,33 (Arvieu, M. Pisani).

Coloration et éclat. Brun noir, noir gris, brun, brun jaune. Poussière grise, ou gris brun. Transparent ou translucide, toujours transparent en lames minces.

Éclat un peu nacré, souvent métalloïde et bronzé sur le clivage g^1 (010).

Inclusions L'hypersthène renferme très souvent des inclusions régulièrement distribuées, grâce auxquelles il possède un éclat bronzé et métalloïde suivant le clivage g^1 (010). Ces inclusions sont constituées par des lamelles couchées dans g^1 (010) ; elles ont des formes plus ou moins rectangulaires, présentant souvent des décroissements réguliers. Elles sont distribuées parallèlement et perpendiculairement à l'axe vertical et souvent aussi dans une direction faisant avec les deux premières un angle de 30°. Leur grand axe est souvent perpendiculaire à l'axe vertical (fig. 1). Elles sont d'un brun rouge. Les sections perpendiculaires à g^1 (010) les montrent sous forme de traits fins ou de points opaques. Leur nature n'est pas établie d'une façon bien certaine. Kosmann les croit formées par de la brookite, Trippke par de l'opale secondaire, M. Rosenbusch par de l'ilménite et cette hypothèse me paraît la plus vraisem--blable.

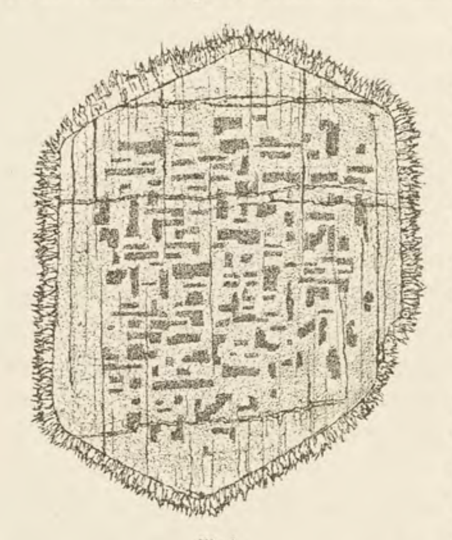


Fig. 1
Lame mince d'hypersthène d'Arvieu montrant les inclusions brunes. Face g^1 (010). La périphérie du cristal en est dépourvue, elle se tranforme en actinote. (Grossissement de 6 fois environ, lumière naturelle.)

La question de leur origine n'est pas tranchée d'une façon plus définitive : d'après M. Judd, elles seraient produites par des corrosions effectuées en profondeur et sous pression par les liquides qui circulent dans les roches et attaquent l'hypersthène suivant ses plans de plus facile altération correspondants du clivage g^1 (010). M. Rosenbusch les regarde comme constituant des inclusions primaires.

La fig. 1 représente un cristal dans lequel les inclusions sont abondantes au centre et disparaissent à la périphérie qui se transforme en amphibole verte.

Propriétés optiques. On a vu plus haut que l'écartement des axes optiques est variable autour de la bissectrice aiguë *négative* n_p normale à h^1 (100) avec $\rho > \upsilon$. Les mesures suivantes ont été prises sur

l'hypersthène du Capucin. L'angle 2 V a été calculé en partant de l'indice moyen que nous avons donné, M. Michel Lévy et moi, sur l'hypersthène du Labrador.

$$n_g = 1,705,$$
$$n_m = 1,702;$$
$$n_p = 1,642;$$
$$n_g - n_p = 0,013 \text{ à } 0,015 \text{ Arvieu (Ml.).}$$

	2 E	2 V
Capucin (Dx)	101° (rouge)	»
	101°7′ (jaune)	70°24′
	100°58′ (vert)	»

Pléochroïsme. Le pléochroïsme de l'hypersthène est d'autant plus intense que le minéral est plus riche en fer. On observe en lames minces de 0mm02 :

	Norites d'Arvieu	Norites de Corse	Roches volcaniques du Cantal et des Antilles	Enclaves énallogènes des roches volcaniques (Capucin).
n_g =	vert pâle	vert vif	vert pâle	vert bouteille
n_m =	brun jaunâtre	brun jaune	jaune pâle	rouge clair
n_p =	brun rouge	rouge clair	jaune rougeâtre	rouge brun

Composition chimique. Analyses : *a*) de l'hypersthène de la norite d'Arvieu, par M. Pisani (*C. R.* LXXXVI. 1420. 1878);

b) de l'hypersthène de la norite du Capucin, par Laurent (*in* Dx, *op cit.*, II. XVIII. 1874).

	a)	*b*)
SiO^2	51,00	48,20
Al^2O^3.....	5,65	»
FeO......	13,60	28,40
MnO	»	5,20
MgO	28,20	16,70
CaO......	»	1,50
Perte	0,20	»
	98,65	100,00
Densité	3,33	»

Par sa composition, l'hypersthène d'Arvieu est à la limite des bronzites, sa bissectrice est négative[1]. Celui du Capucin appartient au même

1. M. Pisani a donné pour le minéral 2 H = 96° autour de n_p, ce qui conduit à 2 V = 118° environ, si l'on prend n_m = 1,702, ou 122° environ, en admettant n_m = 1,668 (bronzite). Dans tous les cas, on voit que n_p serait bissectrice *obtuse*, ce qui ne s'accorde pas avec la teneur en fer de l'analyse *a*. Il est probable que l'examen optique a dû être fait sur la variété peu ferrifère signalée page 550.

type très ferrifère que les cristaux du lac de Laach auxquels vom Rath a donné le nom d'*amblystégite*.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fond en un émail noir; sur le charbon donne une masse noire magnétique. La fusibilité augmente avec la teneur en fer; par suite, l'hypersthène du Capucin est plus fusible que celui des norites. A peine attaquable par l'acide chlorhydrique.

Altérations. L'hypersthène se transforme en bastite, en amphibole verte, en talc et enfin présente à Arvieu (*Aveyron*) des transformations fort curieuses en anthophyllite. L'étude de ces transformations est liée d'une façon trop intime à celle du gisement pour qu'il soit possible de l'en détacher (voir page suivante).

Dans les enclaves des trachytes du mont Dore, l'hypersthène est souvent recouvert d'un enduit rouge ou brun d'oxyde de fer et est parfois imprégné par la même substance; ce sont ces cristaux qui ont été assimilés à la *szaboïte* de l'Arany Berg, qui était autrefois considérée comme une espèce distincte. L'hypersthène des cavités de l'andésite à olivine de Besse est souvent rendu opaque par un enduit brun analogue. Les enclaves grenues à hypersthène (dans roches basaltiques) décrites plus loin ont subi les phénomènes de fusion et de transformation en cristallites d'augite indiqués page 546.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

J'ai à signaler ici l'hypersthène dans des roches éruptives ou dans leurs enclaves et dans des météorites.

1° *Dans les roches éruptives.*

a) *Dans les norites et les gabbros.*

Dans les norites et les gabbros, l'hypersthène se présente rarement en cristaux distincts; il forme ordinairement de grandes plages à contours irréguliers.

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. J'ai trouvé des norites aux environs du Pallet, où elles constituent un accident finement grenu de gabbros ophitiques.

Plateau Central. — *Aveyron*. Une norite à grands éléments forme

au nord de Pentézac, dans le bois de Verdus, à 200 mètres environ de la route allant à Arvieu, une masse affleurant sur quelques mètres seulement au milieu des serpentines, elles-mêmes situées dans des gneiss amphiboliques.

M. Pisani a donné l'analyse de l'hypersthène (analyse *a*) et du labrador de cette roche, dont les conditions de gisement et la structure ont été étudiées par M. Bergeron (*Ann. Sc. Géol.* 1889). Les échantillons que j'ai étudiés personnellement consistent dans une série de blocs que j'ai donnés au Muséum en 1883 [M. Michel Lévy a déterminé la biréfringence de l'hypersthène de l'un d'eux (*B. S. M.* VII. 45. 1884)], et dans de nombreux échantillons que M. Gaubert a recueillis récemment sur mes indications.

Cette norite est à grands éléments; l'hypersthène y forme des masses laminaires atteignant 3^{cm}. J'ai observé quelques cristaux à pointements distincts [*x* (232)] engagés dans le labrador blanc bleuâtre. La roche est par places formée par de l'hypersthène et du labrador; mais ce dernier minéral disparaît souvent, et la roche est alors uniquement constituée par des pyroxènes rhombiques; ceux-ci se présentent sous deux variétés : l'une, la plus fréquente, est d'un noir bronzé foncé (hypersthène) et très riche en inclusions titanifères, l'autre est d'un jaune clair (bronzite) et pauvre en inclusions; les deux variétés passent l'une à l'autre dans un même échantillon. Les associations avec le diallage ne sont pas rares.

Au microscope, on constate que le feldspath est rarement intact; en général, à son contact avec l'hypersthène, on voit une zone d'actinote d'un vert pâle se terminant du côté du labrador par une broussaille de petites aiguilles, qui se rencontrent aussi clairsemées dans sa masse (fig 1). Souvent, du côté de l'hypersthène, apparaît une zone d'anthophyllite incolore. Cette zone rappelle celle qui existe autour de l'olivine des gabbros du Pallet (page 189, fig. 15), mais elle est dépourvue de toute structure régulière.

Quand la transformation est plus avancée, les produits secondaires sont plus abondants, le feldspath est peu à peu remplacé par de l'actinote en gros cristaux enchevêtrés, au milieu desquels apparaissent parfois des cristaux de grenat incolore, Souvent aussi il se forme de l'albite en grains arrondis, maclés ou non suivant la loi de l'albite. Cette transformation du feldspath est comparable à celle que l'on observe dans les gabbros des Alpes (*saussuritisation*); elle est remarquable par

la grande taille des éléments produits, atteignant parfois plus de 1^{mm}. Ce labrador est souvent en outre piqueté de produits micacés secondaires et le grenat peut s'y former indépendamment de l'actinote; il se voit parfois à l'œil nu, il est d'un jaune rosé.

En même temps que le labrador se transforme, l'anthophyllite gagne de proche en proche dans l'hypersthène. La fig. 2 montre des cristaux de ce minéral peu à peu épigénisés par cette anthophyllite. Les fibres d'anthophyllite, d'un beau jaune d'or, atteignent 1^{cm} de longueur, elles forment une couronne au cristal attaqué, et, quand celui-ci disparaît, les fibres se rejoignent bientôt. L'examen microscopique fait voir les lambeaux d'hypersthène comme transpercés par les longues fibres d'anthophyllite et permet de suivre pas à pas la transformation. Souvent, au milieu d'une gerbe d'anthophyllite, on trouve des traînées d'inclusions titanifères de l'hypersthène disparu, orientées, non sur l'anthophyllite, mais sur le fragment ancien de l'hypersthène non résorbé. Il se passe là un fait remarquable, tout à fait analogue à celui qui s'observe dans les feldspaths des gabbros de Norwège se transformant en dipyre.



Fig. 2.

Échantillon poli de la norite d'Arvieu. Il ne reste que quelques cristaux intacts d'hypersthène (B), qui se transforment progressivement en anthophyllite fibrolamellaire. Les taches blanches représentent la place du labrador transformé en albite grenue qui est séparée de l'anthophyllite par une zone d'actinote représentée en noir. (Réduction d'un tiers environ.)

Souvent aussi les inclusions ont elles-mêmes subi des modifications; on les voit peu à peu se transformer en rutile, et c'est là sans aucun doute l'origine du rutile qui en petits grains et en cristaux est distribué en abondance dans l'anthophyllite de toute la roche, alors que ce minéral manque dans l'actinote formée aux dépens du labrador. Cette norite présente un des plus remarquables exemples de transformations effectuées dans une roche postérieurement à sa formation; la roche transformée n'a plus aucune analogie minéralogique avec la roche initiale; le gisement de Pentézac a l'avantage bien rare de présenter dans un

même échantillon les deux termes extrêmes de la transformation et leurs termes de passage.

J'ai chargé M. Gaubert de rechercher la distribution de ces produits de transformation : son étude n'a pu être bien complète, l'affleurement de quelques mètres étant presque entièrement couvert par la végétation. Mais les échantillons transformés qu'il a recueillis proviennent tous d'une même diaclase d'environ 8^{cm} de diamètre traversant la norite intacte. Dans sa thèse (*op. cit.*), M. Bergeron a décrit une roche qu'il donne comme une amphibolite à anthophyllite intercalée entre la serpentine et la norite et faisant partie intégrante des schistes cristallins; il tire de l'existence de cette amphibolite un argument pour admettre que la serpentine est intercalée dans les gneiss. La description donnée plus haut ne laisse aucun doute sur la nature de la roche à anthophyllite de ce gisement.

Corse. — L'hypersthène en plages de plusieurs centimètres de longueur se trouve comme élément constitutif des norites du groupe inférieur de la série basique du N.-E. de la Corse (voir à *diopside-augite*). Il présente les inclusions caractéristiques de ce minéral : il est souvent transformé en bastite.

Les plus beaux échantillons que m'a communiqués M. Nentien proviennent du cap Corse (Monte Grosso, près Ersa).

Le même minéral se rencontre dans les norites à grands éléments du groupe moyen plus récent de la même île.

Enfin l'hypersthène n'est pas rare dans les norites et gabbros formant des dykes dans le granite de l'arrondissement de Sartène. Dans la norite amphibolique de Levie, San Gavino, l'hypersthène en cristaux allongés suivant l'axe vertical (1 à 2^{mm}) est englobé avec anorthite dans des plages d'amphibole de plus de 5^{cm} de longueur (structure pœcilitique). Son pléochroïsme est intense.

Nouvelle-Calédonie. — Des norites à grands éléments traversent les péridotites de la Nouvelle-Calédonie ; elles renferment de grands cristaux d'hypersthène atteignant plusieurs centimètres suivant l'axe vertical.

b) *Dans les roches volcaniques.*

L'hypersthène dont il est question dans ce paragraphe est un élément normal des roches qui le renferment. Il est relativement peu ferrifère,

et, dans plusieurs des gisements énumérés plus loin, une étude plus approfondie permettra peut-être de rapporter le minéral à de la bronzite plutôt qu'à l'hypersthène.

Beaucoup de roches volcaniques d'Auvergne normalement dépourvues d'hypersthène renferment cependant ce minéral comme élément microscopique au contact immédiat d'enclaves micacées. Cet hypersthène formé par la transformation de la biotite des enclaves est alors beaucoup plus ferrifère que celui dont il va être question ici.

Plateau Central. — *Cantal.* J'ai fait voir (*B. S. G.* XVIII. 883. 1890) que l'hypersthène existe dans quelques andésites du Cantal, associé : à l'augite [puy de la Croix, la Bastide, haute vallée de Saint-Préjet, puy de la Poche, vallée d'Impradines (la roche renferme des microlites d'hypersthène)], à la hornblende [Bataillouse, le Lioran, puy de Chavaroche, carrière de Lescuno près Murat, piton de la Vacherie des Cabres (Lioran), puy Mary, escarpement du Croizet)], à la hornblende et à la biotite [Montée de Saint-Martin Valmeroux, environs de Thiézac, etc.].

Dans toutes ces roches l'hypersthène est très abondant en cristaux intratelluriques de $0^{mm}25$ à 1^{mm}, qui ne peuvent être distingués de l'augite qu'au microscope. Les groupements réguliers avec ce minéral sont fréquents.

Puy-de-Dôme. M. Michel Lévy a signalé l'hypersthène (*B. S. M.* XVIII. 837. 1890) dans les mêmes conditions comme élément d'une labradorite formant le sommet intermédiaire entre la Banne d'Ordenche et le puy Gros (Mont Dore).

Alpes-Maritimes. M. Léon Bertrand a recueilli des blocs de labradorite très riche en cristaux *microscopiques* d'hypersthène dans le conglomérat de Villeneuve-Loubet (*B. S. G.* XXI. *C. R.* sommaire XVIII. 1893) : on peut faire à leur égard les mêmes observations que pour ceux des gisements précédents.

Algérie. — MM. Curie et Flamand (*Roches érupt. d'Algérie, op. cit.*) ont signalé quelques labradorites et *andésites à hypersthène* dans les gisements algériens suivants : *Oran.* Djebel Touïla ; — *Alger.* Plaine de la Mitidja (El Affroun et Ameur-Aïn, etc). J'ai pu examiner quelques échantillons (auberge de chez Gaspard, sur la route nationale entre Bourkika et l'Oued Djer, Aïn Medjine, Oued Safah), grâce à l'obligeance de M. Welsch.

Antilles. — M. Richard a signalé (*B. S. M.* VI. 134. 1883) l'hypersthène en abondance considérable dans des sables de la Martinique exploités comme minerai de fer; les cristaux ont de 1 à 2^{mm} suivant l'axe vertical et sont tout à fait analogues à ceux du Capucin.

Ils proviennent évidemment de la destruction des roches volcaniques de l'île : j'ai fait voir, en effet (*C. R.* CX. 1347 et CXI. 71. 1890), que les labradorites et les andésites de la Martinique et de la Guadeloupe sont extrêmement riches en hypersthène, qui présente très fréquemment avec l'augite les associations décrites plus haut.

2° *Dans les enclaves des roches volcaniques, comme produit métamorphique.*

a) *Dans les enclaves des trachytes et des andésites.*

Plateau Central. — Les roches volcaniques trachytoïdes (trachytes et andésites à biotite et hornblende) du Plateau Central renferment souvent des enclaves de roches anciennes quartzifères (gneiss, granite, etc.) plus ou moins métamorphisées. L'hypersthène s'y forme aux dépens de la biotite et se présente fréquemment non seulement dans l'enclave elle-même, mais encore dans la roche volcanique à son voisinage immédiat (*Les encl. des roches volc.*, page 179). Cet hypersthène est plus ferrifère (analyse *b*), de couleur plus foncée que celui dont il a été question dans le paragraphe précédent : il est tout à fait l'analogue de l'*amblystégite* du lac de Laach. C'est probablement à cette catégorie de cristaux d'hypersthène qu'il faut rapporter ceux de Besse dont il sera question plus loin.

Le même minéral se produit aussi dans les cavités de roches volcaniques englobées par des roches volcaniques d'éruption plus récente.

Puy-de-Dôme. Enclaves de roches anciennes. — Les gisements les plus remarquables à ce point de vue sont ceux du Mont Dore. Au rocher du Capucin, on trouve en abondance, dans le trachyte à biotite, des enclaves de gneiss à cordiérite en partie résorbées. La cordiérite, l'andalousite, la sillimanite ont résisté à l'action métamorphique, tandis que les feldspaths, le quartz, le mica, le grenat, etc., ont été fondus, corrodés et plus ou moins résorbés. Il s'est formé à leurs dépens de nombreux minéraux cristallisés (orthose, tridymite, hypersthène, magnétite, spinelle, oligiste, etc.), agrégés sous forme de roche ou implantés dans des géodes quand la somme des éléments néogènes s'est trouvée inférieure à celle des minéraux résorbés.

Les mêmes minéraux se sont produits dans les cavités d'enclaves de granite imparfaitement attaquées.

Ces enclaves sont surtout abondantes au sommet du Capucin : on peut les recueillir dans les bois qui couvrent la montagne au-dessus du village du Mont-Dore et particulièrement le long du sentier qui traverse ceux-ci. On les trouve aussi, mais en beaucoup moins grande quantité, à la Grande Cascade, dans le ravin des Égravats.

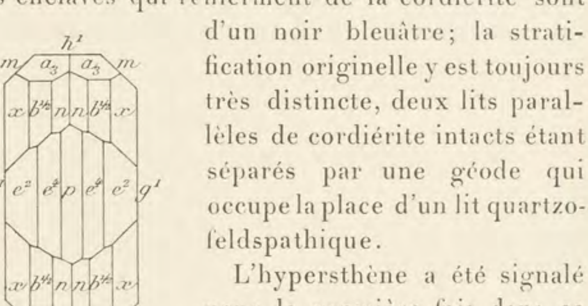


Fig. 3.
Hypersthène des enclaves gneissiques du Capucin.

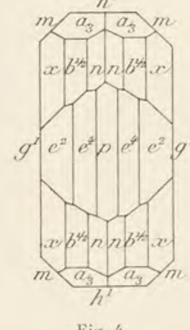


Fig. 4.
Projection sur p (001) de la fig. 3.

Les enclaves qui renferment de la cordiérite sont d'un noir bleuâtre; la stratification originelle y est toujours très distincte, deux lits parallèles de cordiérite intacts étant séparés par une géode qui occupe la place d'un lit quartzo-feldspathique.

L'hypersthène a été signalé pour la première fois dans ce gisement par M. des Cloizeaux (*Z. d. d. g. Gesell.* XXV. 566. 1873 et *op. cit.* II. XVIII. 1874).

Ce minéral se présente en cristaux bruns ne dépassant guère 1^{cm} de longueur; ils sont parfois rougeâtres à l'une de leurs extrémités et souvent très allongés suivant l'axe vertical. Les faces h^1 (100) et g^1 (010) sont quelquefois également développées; dans d'autres cas, la face g^1 (010) est plus large que h^1 (100).

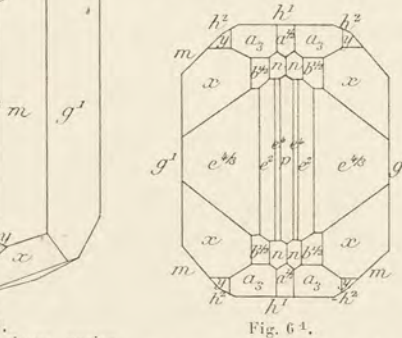


Fig. 5[1].
Hypersthène des enclaves gneissiques du Capucin.

Fig. 6[1].
Projection sur p (001) de la fig. 5.

Les combinaisons de formes sont assez nombreuses. M. des Cloizeaux a observé les suivantes : m (110), h^1 (100), g^1 (010), e^2 (012), $b^{1/2}$ (111), n (212), a_3 (211), x (232) ; $m\ g^1\ p\ e^2\ n\ a_3$; $m\ h^1\ g^1\ p\ e^4\ e^2\ b^{1/2}\ n\ a_3$ (*op. cit.* II. XVIII. 1874) (fig. 3, d'après vom Rath, et 4, d'après M. des Cloizeaux).

1. Par suite d'une erreur de gravure, les figures 5 et 6 portent h^2 au lieu de h^3.

Vom Rath a signalé et figuré (fig. 5 et 6) la combinaison suivante : $m\ h^1\ h^3\ (210)\ g^1\ p\ e^4\ (014)\ a^{1/2}\ (201)\ e^2\ e^{4/3}\ x\ (232)\ b^{1/2}\ n\ (212)\ y\ (432)\ a_3\ (211)$ (*P. A.* CLII. 27. 1874).

Enfin M. Œbbecke a trouvé sur quelques cristaux d'hypersthène du même gisement les formes $p\ m\ g^1\ h^1\ g^2\ a_3\ a^{1/2}$ (*B. S. M.* VIII. 50. 1885).

La fig. 7 représente la projection sur la base d'un cristal décrit par M. Busz (*Z. K.* XVI. 514. 1890) ; il est remarquable par l'apparence dissymétrique du pointement. Il présente les formes suivantes : m (110), g^1 (010), h^1 (100), e^4 (014), e^2 (012), $e^{5/4}$ (045), $a^{1/2}$ (201), $b^{1/2}$ (111), n (212), a_3 (211), y (432), ξ (412), u (232).

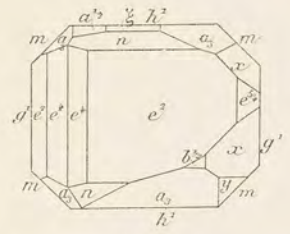


Fig. 7.

Projection sur p (001) d'un cristal d'hypersthène du Capucin, remarquable par la dissymétrie du développement des faces du pointement.

Les cristaux d'hypersthène que j'ai observés dans les enclaves de granite sont très allongés suivant l'axe vertical et d'une couleur beaucoup plus pâle que ceux dont il vient d'être question.

Enclaves d'origine volcanique. — Ces enclaves sont constituées par des trachytes ou des andésites plus anciennes que les roches qui les ont amenées au jour; elles sont souvent formées par des types pétrographiques très cristallins, inconnus en place dans la région. Les minéraux drusiques y sont nombreux; ils ont été formés par l'action sur l'enclave des fluides accompagnant l'éruption volcanique. On les voit souvent se produire dans les éléments anciens corrodés de l'enclave, qu'ils imbibent complètement. Cette formation de minéraux par action de fumerolles est tout à fait comparable à celle qui a été observée au Vésuve dans les laves des éruptions de 1822 et de 1872 et qui a été rendue célèbre par les travaux de Scacchi et de vom Rath (Voir *Les encl. des roches volc.*, page 239).

Les enclaves volcaniques à hypersthène qui abondent au Capucin consistent en fragments arrondis d'andésite à structure plus ou moins diabasique; leurs nombreuses cavités renferment de jolis cristaux de zircon rose, de tridymite, d'orthose, des cristaux verts d'hypersthène, toujours aplatis suivant g^1 (010), et le plus souvent des pyroxènes monocliniques, aplatis suivant h^1 (100), que l'on a confondus jusqu'à présent avec ces derniers.

L'hypersthène de ces enclaves a la forme de la fig. 8 donnée par vom Rath, mais avec un aplatissement suivant g^1 (010) généralement

plus marqué que dans cette figure; les faces e^2 (012) sont fréquemment absentes. Ces cristaux sont ordinairement trop petits pour que leur étude puisse en être faite autrement qu'au microscope.

Enclaves de roches volcaniques. — Il est un autre gisement du Mont Dore qui fournit des cristaux d'hypersthène formés dans les mêmes conditions : c'est celui du Riveau Grand, dans lequel les trachytes et les brèches trachytiques sont très riches en enclaves de diverses roches volcaniques que j'ai étudiées en détail (*B. S. G.* XVIII. 845. 1890 et *Les encl. des roches volc.* op. cit. 245). Ces enclaves se trouvent en abondance dans les éboulis du Riveau Grand et dans le lit même du petit ruisseau ; ce sont des andésites et des trachytes.

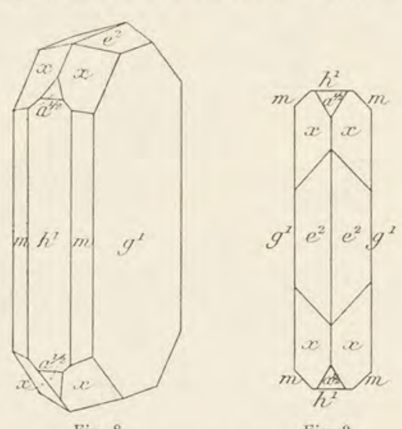


Fig. 8. Hypersthène aplati suivant g^1 (010) des enclaves de roches volcaniques du Capucin.

Fig. 9. Projection sur *p* (001) de la fig. 8.

L'hypersthène associé à l'augite et à l'oligiste se trouve tout d'abord en petits cristaux dans des andésites analogues à celle des enclaves du Capucin. Des enclaves d'une trachyandésite bulleuse d'un gris violacé renferment des cristaux de pseudobrookite et de petits cristaux d'hypersthène couverts d'un enduit rouge d'oxyde ferrugineux; ces cristaux sont tout à fait analogues à la *szaboïte* de l'Arany Berg ; ce sont eux qui ont été décrits par von Lasaulx (*Z. K.* III. 293), par M. Gonnard (*B. S. M.* II. 150. 1879) et plus récemment encore par M. Œbbecke (*B. S. M.* VIII. 61. 1885) ; la même association de minéraux se trouve dans des enclaves d'un trachyte rouge brique clair imprégné d'hématite et de pseudobrookite.

J'ai recueilli des enclaves analogues avec cristaux d'hypersthène dans les trachytes de Fontenille, ainsi que des enclaves d'une andésite à gros cristaux de hornblende avec cristaux drusiques d'hypersthène jaunâtre (recouverts d'oxyde de fer) dans le trachyte (dômite) du puy de Sarcouy, dans la chaîne des Puys.

b) *Dans les fentes des roches volcaniques.*

Au Mont Dore, l'hypersthène et ses satellites ne se trouvent que très

exceptionnellement dans les fentes du trachyte lui-même, et encore ne peut-on pas affirmer que cette production n'est pas en relation avec des enclaves résorbées. Il en est de même pour l'hypersthène que j'ai trouvé dans les cavités de l'andésite à olivine de l'église de Besse (*Puy-de-Dôme*). Cette andésite est très poreuse ; ses cavités renferment en assez grande abondance de petits cristaux d'hypersthène très aplatis suivant g^1 (010), n'ayant guère plus de 2^{mm} suivant l'axe vertical. Ils ont les mêmes formes que les cristaux du Riveau Grand avec fréquemment h^3 (210), autant du moins qu'on en peut juger par un examen sans mesures goniométriques exactes. Ces cristaux sont recouverts d'un enduit brun qui les rend absolument ternes : après traitement par un acide, ils se montrent aussi foncés que ceux des enclaves gneissiques du Capucin. Ils recouvrent souvent des enclaves gneissiques, très abondantes, mais très petites.

c) *Dans les enclaves énallogènes des basaltes.*

J'ai fait voir que les enclaves granitiques ou gneissiques englobées dans les basaltes présentent parfois de l'hypersthène néogène d'un vert foncé associé à du spinelle ; ces minéraux se forment par fusion aux dépens de la biotite. La fig. 10, empruntée à mon ouvrage sur les enclaves des roches volcaniques, montre la manière d'être de cet hypersthène dans une enclave des basaltes du volcan du Coupet en Mazeyrat-Crispinhac (*Haute-Loire*). Ce minéral est toujours microscopique dans ce genre de gisement. Il s'y présente en assez grande abondance dans le Plateau Central.



Fig. 10.

Nodule récent dans une enclave granulitique du basalte du Coupet. — Dans le nodule on voit : (7) labrador ; (22) hypersthène, ainsi que du spinelle récents, accompagnant du zircon (2) et de la sillimanite (41) non fondus ; un fragment de feldspath triclinique ancien, criblé d'inclusions, est entouré de feldspath récent limpide. — La granulite est formée par du quartz (1), de l'oligoclase (6), de la sillimanite (41) et du zircon (2).

d) *Dans des enclaves à structure grenue des basaltes.*

Les basaltes et les tufs basaltiques d'un grand nombre de gisements du

Plateau Central renferment des enclaves grenues essentiellement constituées par du feldspath triclinique (variant, suivant le gisement, de l'andésine à l'anorthite) et par des pyroxènes (hypersthène et augite) en petits grains arrondis (*Les encl. des roches volc.* 129). Les éléments de ces roches dépassent rarement 2^{mm} de diamètre. Les gisements suivants méritent d'être cités.

Plateau Central. — *Ardèche*. Roche Sauve près Privas, Chenavari près Rochemaure.

Haute-Loire. Fay-le-Froid, Bournac, Le Coupet, environs du Puy, rocher Saint-Michel, rocher Corneille, Tareyre.

Cantal. Murat.

Puy-de-Dôme. Puy de Plantat, Montaudou.

Je me suis demandé si ces roches à hypersthène devaient être considérées comme des enclaves homœogènes, résultant de la cristallisation en profondeur du magma qui les a amenées au jour, ou si au contraire elles constituaient des enclaves énallogènes, fragments du sous-sol arrachés par les éruptions volcaniques.

L'existence de quartz, de grenat almandin associé à de la biotite dans une de ces enclaves provenant du rocher Saint-Michel au Puy m'a fait pencher vers la seconde hypothèse, bien que j'aie indiqué la première origine possible dans certains cas (*op. cit.* 472). Un échantillon provenant des tufs de Bournac, que m'a récemment donné M. Vernière, présente une structure rubanée et des concentrations pyroxéniques riches en spinelle vert, tout à fait comparables à celles que l'on observe dans certains gneiss pyroxéniques.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. — Les schistes métamorphiques du massif du pic du Midi et particulièrement ceux du lac Bleu sont traversés par un grand nombre de filons minces de roches microlitiques [labradorites et andésites (porphyrites)]. Dans l'une d'elles, j'ai trouvé une enclave grenue à hypersthène en voie de résorption tout à fait analogue à celles des roches volcaniques du Plateau Central. Ce type pétrographique est inconnu en place dans la région ; l'analogie de composition de l'enclave et de la roche englobante plaide en faveur de l'hypothèse qui ferait de cette enclave à hypersthène une enclave homœogène de la roche microlitique.

3° *Dans les météorites.*

Les pyroxènes rhombiques des météorites sont souvent très ferrifères et sont par suite à rapporter à l'hypersthène. Je ne les rappelle ici que pour mémoire. Ils présentent du reste toutes les particularités signalées page 552 au sujet de l'enstatite et de la bronzite.

PYROXÈNES MONOCLINIQUES

A. PYROXÈNES PROPREMENT DITS.

Les pyroxènes proprement dits possèdent des caractères communs. Les types non alumineux ne peuvent se distinguer, au point de vue cristallographique, des types alumineux. Leurs paramètres sont très voisins de ceux des pyroxènes riches en sodium, dont l'étude cristallographique a pu être faite complètement.

	a	: b :	c	zx
Diopside-augite.....	1,09475	: 1 :	0,5919	73°59
Ægyrine...........	1,09753	: 1 :	0,60092	73° 9′

Ceux du triphane sont moins voisins :

Triphane..........	1,12381	: 1 :	0,63548	69°40′

On a vu, p. 542, quelles sont les analogies cristallographiques des pyroxènes monocliniques et des pyroxènes orthorhombiques. Elles peuvent être rendues plus manifestes en adoptant avec M. Groth la forme primitive proposée par vom Rath et M. Tschermak, grâce à laquelle l'angle zx est très voisin de 90°. [Il faut prendre pour p (001) la face a^2 ($\bar{1}02$) du système actuel ; on a alors $z\,x$ ($a^2\,h^1$) $= 90°\,22'$.] Mais ce nouveau système a, entre autres désavantages, celui de compliquer la notation de certaines faces et en particulier de donner une notation moins simple à p (001), qui a une réelle importance physique (plans de séparation, macles, etc.). Les analogies existant entre le pyroxène et les amphiboles seront exposées plus loin à l'article *amphibole*.

Quand les pyroxènes s'allongent, leur allongement a lieu suivant l'axe vertical ; la face d'aplatissement favorite est h^1 (100) ; les plans de séparation, quand ils existent, s'observent parallèlement à h^1 (100) ou à p (001). La macle habituelle a h^1 (100) comme face d'association.

Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010). L'indice n_g fait avec l'axe vertical un angle qui varie de 26° (triphane) à 98° (ægyrine) dans l'angle obtus de ph^1. On voit sur la fig. 1 que, dans tous les

pyroxènes, du triphane à la jadéite, l'allongement est de signe positif, tandis que, de l'ægyrinaugite à l'ægyrine, il est de signe négatif, l'indice n_p étant alors le plus rapproché de l'axe vertical.

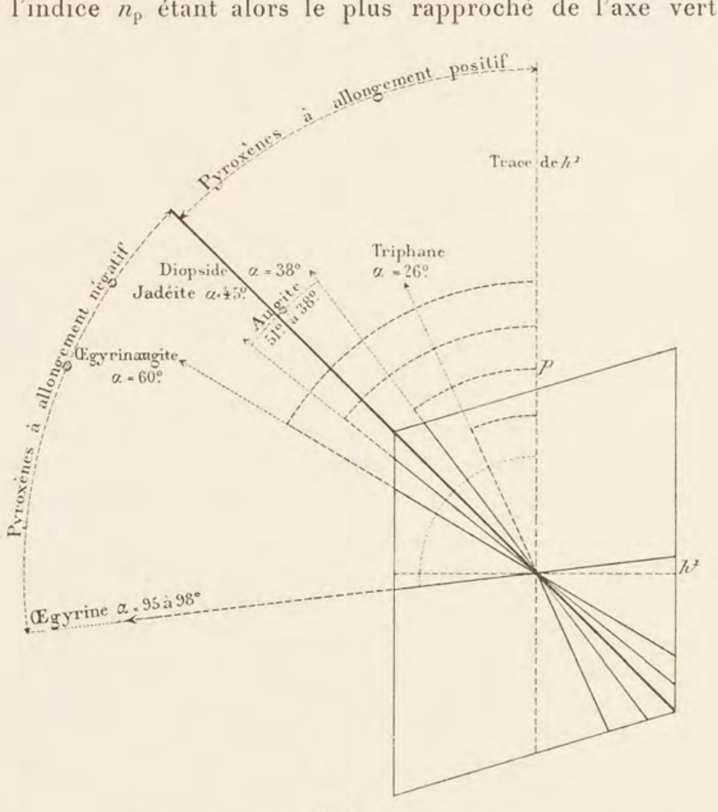


Fig. 1.
Epure de la face g^1 (010) montrant la position de l'indice n_g dans les divers types de pyroxènes proprement dits.

La bissectrice aiguë est *positive* (n_g) pour tous les pyroxènes, sauf pour l'ægyrine. La biréfringence est inférieure à 0,03, excepté pour l'ægyrine, dans laquelle elle dépasse 0,05. Ce pyroxène est aussi celui qui a la réfringence la plus élevée.

DIOPSIDE-AUGITE

Il semble théoriquement possible d'établir deux séries parallèles constituées l'une par les pyroxènes non alumineux (diopside) et l'autre formée par les pyroxènes alumineux (augite). Dans la pratique, cette

division devient à peu près impossible, des passages nombreux existant non seulement entre les diverses variétés d'une même série, mais encore entre celles de la série voisine.

Les propriétés physiques ne paraissent pas être grandement modifiées par l'existence des sesquioxydes. En effet, les angles de tous les pyroxènes sont sensiblement les mêmes. Quant aux propriétés optiques, on verra plus loin qu'elles sont surtout affectées par les variations de teneur en fer. Mais, une classification des pyroxènes d'après leur teneur en fer rompant de nombreuses analogies, j'ai cru devoir réunir dans un même paragraphe tous les pyroxènes intermédiaires entre le diopside et l'augite. Leur classement par variétés se fait, du reste, mieux quand on considère leurs gisements, que lorsqu'on se base sur leurs propriétés intrinsèques.

Afin d'éviter les répétitions, je définirai tout d'abord sommairement les noms de variétés dont j'aurai à faire usage plus loin. Je rappellerai que les principes qui ont présidé à la création de ces variétés ne sont pas uniformes ; pour les uns on a fait appel à la composition, pour d'autres à une particularité de forme ou de structure.

Le *diopside* (*stricto sensu*) comprend les pyroxènes répondant surtout à la formule Ca, Mg $(SiO^3)^2$ et ne contenant que peu de fer ; la *malacolite*, également peu ferrifère, présente souvent des plans de séparation faciles suivant p (001).

La *salite* est plus ferrifère et plus magnésienne que le diopside ; elle est d'un vert plus ou moins foncé et établit le passage du diopside à l'*hédenbergite* Ca, Fe $(Si\,O^3)^2$.

Le *diopside chromifère*, d'un vert émeraude, contient une quantité notable de $Al^2\,O^3 + Cr^2\,O^3$. Il est à rapprocher de l'*omphazite*, de couleur vert clair, dépourvue de formes géométriques, qui est assez riche en alumine et qui contient, en outre, des alcalis ; ces deux pyroxènes établissent le passage des diopsides aux augites.

L'*augite* est à la fois riche en alumine et en fer ($FeO + Fe^2O^3$) ; sa couleur est le noir ou le vert plus ou moins foncé ; elle présente des variétés titanifères (*titanaugite*) et des variétés vertes (*ægyrinaugite*) riches en soude et en Fe^2O^3, qui conduisent à l'ægyrine. La *fassaïte* est une variété verte d'augite présentant une forme caractérisée (fig. 8) par la prédominance des faces $e^{1/2}$ (021) et $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$).

Enfin le *diallage* est un pyroxène dont la caractéristique réside dans une structure lamellaire suivant h^1 (100) (direction de plans

de séparation faciles), accompagnée d'inclusions produisant sur les lames de clivage un éclat bronzé identique à celui de l'hypersthène. Au point de vue chimique, les diallages sont assez variables et correspondent à des augites moyennement riches en fer et en alumine.

Monoclinique. $mm = 87°5'$ (Dx)[1].

$b : h = 1000 : 399{,}193.$ $D = 674{,}435.$ $d = 738{,}334.$

angle plan de $p = 84°46'14''$;

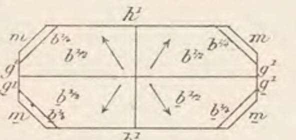
angle plan de $m = 101°45'17''$.

$$\left[\begin{array}{c} a : b : c = 1{,}09475 : 1 : 0{,}5919. \\ zx = 73°59'. \end{array}\right]$$

Formes observées. p (001), m (110), h^1 (100), $h^{3/2}$ (510), h^2 (310), g^1 (010) ; a^1 ($\bar{1}01$), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$) ; e^1 (011), $e^{1/2}$ (021) ; $d^{1/2}$ (111), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$) ; $\mu = (d^1 b^{1/3} g^1)$ (121) ; $a_3 = (b^1 b^{1/3} h^1)$ ($\bar{2}11$) ; $a_2 = (b^1 b^{1/2} h^1)$ ($\bar{3}12$).

Macles. Les macles du pyroxène sont nombreuses :

1° Macle suivant h^1 (100) et axe de rotation perpendiculaire (fig. 2 à 4 et fig. 20, page 592) L'examen microscopique fait voir que cette macle est souvent polysynthétique et qu'elle est accompagnée fréquemment de plans de séparation.



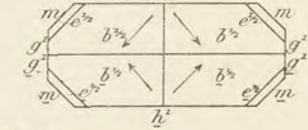


Fig. 2 et 3.

Projection, sur un plan perpendiculaire à l'axe vertical, d'un cristal d'augite maclé suivant h^1 (100). L'une des extrémités du cristal présente des angles rentrants (fig. 3), l'autre des angles saillants (fig. 2).

Fig. 4.

Projection sur g^1 (010) du cristal représenté dans les fig. 2 et 3.

2° Macle cruciforme par pénétration suivant a^1 (101) (fig. 5, d'après Zepharowich).

3° Macle cruciforme par pénétration suivant $x = (b^1 d^{1/3} g^1)$ ($\bar{1}22$) ; les axes verticaux des cristaux correspondants se croisent suivant des

1. Ces paramètres sont ceux de M. des Cloizeaux ; les petites différences qu'ils présentent avec ceux qu'il a donnés dans son *Manuel de Minéralogie* (I. 52) tiennent à une correction que mon savant maître a bien voulu me signaler, les nombres qui y sont portés ($b : h = 1000 : 399{,}089$; $D = 674{,}442$; $d = 738.334$) ayant été déduits des données de Miller et n'étant pas ceux qui ont servi au calcul du tableau des incidences.

angles voisins de 60° ($g^1x = 59°29'$) ; les faces h^1 (100) et h^1 sont sensiblement sur le même plan : en effet, $xh^1 = 90°9'$ (fig. 4 et 5 et 21, page 591). Il est possible que cette macle ait lieu exactement suivant une face de la zone pg^1, qui serait alors e^1 (011) ; cette macle donne quelquefois naissance à un groupement cruciforme à six branches, quand elle est formée par trois individus (fig. 22).

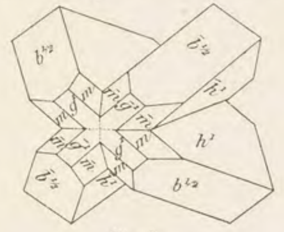


Fig. 5.
Augite, macle suivant o^1 (101).

4° Macles polysynthétiques très fines suivant p (001) accompagnées de plans de séparation. Elles peuvent être obtenues artificiellement par pression, et se rencontrent dans les pyroxènes des schistes cristallins ou des roches anciennes.

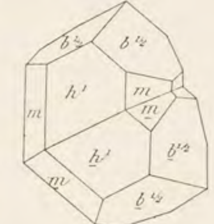


Fig. 6.
Augite, macle suivant ($\bar{1}22$).

Les cristaux d'augite des gisements français se prêtent généralement mal à des mesures précises.

Dans le tableau d'incidences qui suit, les abréviations *G*, *Lx* et *Lx'* sont mises en regard des mesures prises par M. Gonnard sur les cristaux du puy de Corent et par moi-même sur le diopside de L'Étang (*Loire-Inférieure*) (Lx) et de la montée du lac Naguille (Lx').

	Angles calculés	Angles mesurés
$^*mm$	87° 5'	86°59' G
		87° 7' Lx
mh^1	133°32'30"	133°33' G
		133°30' Lx
mh^2	152°52'	152°50' Lx
$mh^{3/2}$	145°21'	
mg^1	136°27'30"	136°23' à
		136°37' Lx
$^*po^1$	155°40'	
$^*ph^1$ ant.	106° 1'	106° 4'Lx'
pa^1 adj.	148°37'	148°39'Lx'
a^1h^1 post.	105°22'	
$pa^{1/3}$ adj	109°30'	109°41'Lx'
$a^{1/3}h^1$ post	144°29'	144°31'Lx'
pe^1	150°22'	
e^1g^1	119°38'	119°10' G
$pe^{1/2}$	131°12'	
$e^{1/2}g^1$	138°48'	
pg^1	90°	
$pd^{1/2}$	146°10'	146°14'Lx'
$md^{1/2}$	134°47'	
pm ant.	100°57'	100°50'Lx'

	Angles calculés	Angles mesurés
$pb^{1/2}$	137°52'	
$mb^{1/2}$ adj.	121°11'	121°15' G
$pb^{1/4}$ adj.	114°29'	114°32' Lx'
$mb^{1/4}$ adj.	144°34'	144°45' G
pa_2 adj.	133° 6'	132° 3' Lx'
pa_3 adj.	120°39'	
$p\mu$ adj.	132°35'	
$e^{1/2}h^1$ ant.	100°30'	
$b^{1/4}h^1$ ant.	61°36'	61°30' Lx'
$b^{1/2}h^1$ ant.	76°33'	
$h^1d^{1/2}$	126°10'	126° 9' Lx'
e^1h^1 ant.	103°52'	
$b^{1/2}h^1$ ant.	76°33'	
a_3h^1 ant.	54°13'	
a_2h^1 ant.	61°55'	62° Lx'
$g^1\mu$	132° 3'	
$\mu\mu$ sur o^1	95°54'	
$g^1b^{1/2}$	119°41'	
$b^{1/2}b^{1/2}$ s. a^1	120°37'	
$b^{1/2}a^1$	150°19'	

	Angles calculés	Angles mesurés
g^1a_2	104°30'	104°32'Lx'
$g^1b^{1/4}$	132°13'	132°19'Lx'
g^1a_3	114°24'	
$b^{1/4}b^{1/4}$ adj.	95°34'	95°30'Lx'
a_3a_3 adj.	131°12'	132° G
$md^{1/2}$ opp.	96°14'	96°20'Lx'
a_3m ant.	84° 4'	
μm ant.	144°45'	145° G
e^1m ant.	121°34'	
a^1m ant.	79°29'	
a_2m post.	120°23'	120°20'Lx'
a_3m post.	134°37'	
$e^{1/2}m$ ant.	132° 3'	
$b^{1/2}m$ ant.	101°33'	
a_2m ant.	78°22'	78°30'Lx'
$b^{1/4}m$ ant.	99°10'	
	macle	
$p\bar{p}$	147°59'	
$e^{1/2}\bar{e}_{1/2}$	159° 0'	

Faciès des cristaux. Le faciès des cristaux de pyroxène est très variable suivant la nature du gisement.

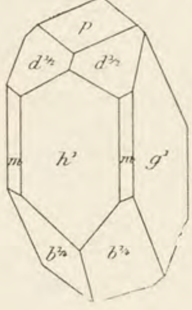


Fig. 7.
Diopside.

Les cristaux de *diopside* sont généralement allongés suivant l'axe vertical. Les faces h^1 (100), g^1 (010) ou *mm* sont très développées, donnant aux cristaux la forme de prismes à section rectangulaire ou presque rectangulaire (fig. 17, page 584); parfois ces cristaux sont aplatis suivant h^1 (100). Les faces les plus fréquentes sont p (001), $d^{1/2}$ (111), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$) (fig. 7); les plans de séparation et les macles suivant p (001) se rencontrent souvent. Dans les cipolins, ces cristaux ont souvent leurs sommets arrondis, indéterminables, ou même ils sont tout à fait globuleux.

Fig. 8.
Fassaïte.

La *fassaïte* est caractérisée par la présence de faces m (110) et l'acuité de ses pointements $b^{1/2}$ $e^{1/2}$ (fig. 8).

Les cristaux les plus fréquents dans les gisements français sont ceux d'*augite*. Leurs formes sont simples : m (110), h^1 (100), g^1 (010), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) ; mais le minéral est assez varié d'aspect. Quelquefois les cristaux sont allongés suivant l'axe vertical et généralement alors aplatis suivant h^1 (100) (fig. 19, page 591) ; dans d'autres cas, ils sont trapus par suite d'un développement peu différent suivant leurs axes cristallographiques (fig. 9), ou bien plus développés suivant l'axe b et l'axe a que suivant l'axe vertical : dans ce cas ils sont aplatis, et parfois allongés suivant une arête $b^{1/2}$ $b^{1/2}$ (fig. 18). Plus rarement enfin, ces cristaux sont aplatis suivant une face m (110) (fig. 28, page 596).

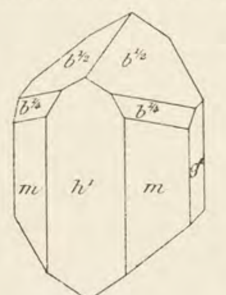


Fig. 9.
Augite des basaltes du Plateau Central.

Les macles suivant h^1(100), o^1 (101) et ($\bar{1}22$) se rencontrent surtout dans les cristaux aplatis suivant h^1.

Dans les enclaves des roches volcaniques du mont Dore, l'augite est très aplatie suivant h^1 (100) et en même temps allongée suivant l'axe vertical.

Les cristaux microlitiques d'augite de la pâte des roches volcaniques sont souvent très allongés suivant l'axe vertical.

L'*omphazite* ne se trouve jamais en cristaux nets, mais forme des

masses lamellaires à bords arrondis, allongées suivant l'axe vertical. Cette forme est partagée par beaucoup de pyroxènes des schistes cristallins.

Quant au *diallage*, il constitue des masses laminaires généralement dépourvues de formes géométriques : quand celles-ci existent, elles se rapportent au type de la fig. 19.

Déformations mécaniques. Dans les roches anciennes, les pyroxènes ont subi des déformations mécaniques extrêmement intenses : les plans de séparation suivant h^1 (100) et p (001) sont alors très distincts.

Dans les diallagites des Pyrénées, il est souvent impossible d'obtenir une lame plane de diallage parallèlement à h^1 (100), le minéral étant gondolé de la façon la plus curieuse.

Clivages. Clivage m (110) facile, mais parfois interrompu. Plans de séparation d'origine secondaire suivant p (001), accompagnés de macles. Plans de séparation h^1 (100) donnant au diallage une structure lamellaire. Ils paraissent devenir plus faciles quand le minéral s'altère.

Dureté. 5 à 6.

Densité. 3,2 à 3,6; 2,993 omphazite de Saint-Félicien, 3,085 diopside vert du Tuc d'Ess, 3,176 diallage de Moncaup, 3,234 diallage du Monte Marcolino (cap Corse), 3,256 diallage du Pallet, 3,266 augite du puy de la Rodde (M. Gonnard), 3,28 diopside chromifère de l'étang de Lherz (M. Damour), 3,31 augite verte du pic du Midi, 3,372 malacolite du granite de Laveline, 3,398 augite de la limburgite de Reichenweier (M. Linck).

Coloration et éclat. Incolore, blanc, blanc verdâtre (diopside). Vert de différentes nuances, d'autant plus foncé que le minéral est plus riche en fer. Vert émeraude (diopside chromifère), brun, noir (augite). Transparent à opaque, toujours transparent en lames minces.

Poussière variant du blanc au gris vert foncé.

Éclat vitreux, parfois cireux, ou nacré suivant les lames p (001). Éclat bronzé et métallique sur les lames h^1 (100) du diallage.

Inclusions. Parmi les pyroxènes, le diallage seul possède des inclusions caractéristiques; elles sont tout à fait identiques à celles de l'hypersthène décrites page 554 (fig. 1).

Les pyroxènes des roches volcaniques sont fréquemment riches en inclusions vitreuses microscopiques souvent régulièrement orientées suivant des zones concentriques.

Dans beaucoup de roches intrusives et métamorphiques, ces miné-

raux renferment des inclusions gazeuses ou liquides ayant parfois la forme de cristaux négatifs allongés suivant l'axe vertical de leur hôte (lherzolite, pyroxénolites des Pyrénées).

Propriétés optiques. On a vu plus haut que, dans tous les pyroxènes, le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010). La bissectrice est *positive* (n_g). Sa position dans g^1 et l'écartement des axes optiques, la valeur des indices de réfraction et celle de leur différence varient avec la composition chimique.

Dans les pyroxènes non alumineux (diopside, hédenbergite), l'angle d'extinction dans g^1 (010) (rapporté à la trace de n_g) augmente nettement, avec la teneur en fer, de 38° (diopsite d'Ala) à 52° (certaines augites basaltiques). Dans l'ægyrinaugite l'angle d'extinction atteint 60°. L'angle des axes paraît suivre la même loi, mais l'accroissement est beaucoup plus faible, puisque l'angle 2V du diopside d'Ala est très voisin de 59° avec 29 °/₀ de FeO et une extinction de 36° à 38° dans g^1 (010), alors que, dans l'hédenbergite possédant 26,29 °/₀ de FeO et un angle d'extinction voisin de 47°, l'angle 2V = 59°52′ (Na, M. Wülfing).

Dans les pyroxènes alumineux, le problème se complique, puisque le nombre des variables de la formule chimique augmente. Il résulte des dernières recherches, et en particulier de celles de M. Doelter, qu'il n'est pas possible d'établir une relation entre l'angle d'extinction et la teneur en FeO, Fe^2O^3 ou Al^2O^3 considérés isolément, mais il semble que cet angle d'extinction augmente en même temps que la somme ($FeO + Fe^2O^3 + Al^2O^3$). L'angle 2V varie peu : il reste voisin de 60°.

Dans les augites sodiques, l'angle d'extinction augmente avec la proportion du silicate ($Na\,Fe\,Si^2O^6$), et, étant données les propriétés optiques de l'ægyrine, on peut prévoir que, dans ce groupe d'augites, l'angle 2V doit augmenter avec la teneur en fer et en soude.

La valeur des indices augmente avec la teneur en fer; la biréfringence varie en sens inverse.

	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$
Diopside d'Ala (M. Dufet) (raie D)	1,6996	1,6776	1,6707	0,0289
Hédenbergite de Tünaberg (M. Wülfing) (Na)	1,7506	1,7366	1,7320	0,0186
Augite d'Auvergne (Ml. et Lx.) (Na)	1,733	1,717	1,712	0,021
id	1,728	2,712	1,706	0,022

Les pyroxènes présentent une dispersion inclinée nette. Dans les augites titanifères la dispersion des axes est très forte ($\rho < \upsilon$) et il est impossible d'obtenir une extinction complète en lumière blanche.

L'examen microscopique montre que les cristaux de pyroxène n'ont pas toujours une composition homogène. Les cristaux zonés ne sont pas rares; les diverses zones concentriques ont des couleurs et des angles d'extinction différents. L'augite présente souvent une structure spéciale, connue sous le nom de *structure en sablier*, surtout fréquente dans la titanaugite et l'ægyrinaugite. La figure 10 en donne un exemple. Les quatre secteurs de la figure ont deux à deux la même orientation et la même couleur (brune et verte). M. Rosenbusch explique cette structure en admettant que le cristal a commencé par une forme squelettique brune (deux des secteurs adjacents de la fig. 10), qui a été postérieurement complétée par un apport de substance verte moins ferrugineuse. M. Becke, dans un travail récent (*Lôtos*, XIV. I. 1894), admet que le cristal s'est formé d'une façon normale, les zones d'accroissement étant constituées par des produits isomorphes, mais d'une richesse inégale en fer, parallèlement aux diverses faces du cristal.

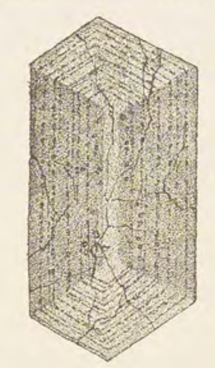


Fig. 10.
Lame mince d'augite (puy de Saint-Sandoux) parallèle à g^1 (010), montrant la structure en sablier.

Enfin il y a lieu de signaler les fréquentes transformations périphériques de l'augite des roches sodiques en ægyrinaugite, puis en ægyrine.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme des pyroxènes est généralement faible, sauf dans quelques variétés. Dans les lames minces, les diopsides, l'omphazite, certains diallages et augites ne sont pas pléochroïques. Les teintes suivantes s'observent avec des intensités variables dans les pyroxènes pléochroïques des gisements étudiés plus loin.

	n_g	n_m	n_p
Hédenbergite des gneiss de Bône	vert foncé	vert pâle	vert jaunâtre
Diallage ferrifère des gabbros. Augite des andésites et des trachytes.	verdâtre	brunâtre à brun rougeâtre	verdâtre
Titanaugite des basaltes et des néphélinites d'Auvergne.	jaune verdâtre ou rougeâtre quelquefois violet	rouge ou violet	jaune verdâtre ou rougeâtre
Ægyrinaugite des phonolites d'Auvergne.	jaune brunâtre ou verdâtre	vert clair	vert d'herbe foncé

Groupements réguliers de pyroxènes monocliniques (diopside-augite) *et d'autres minéraux.* — Les groupements de ce genre sont très fréquents.

a) Groupements à axes parallèles de pyroxène monoclinique et d'un autre minéral. — Pyroxène et enstatite ou hypersthène. — Ces groupements qui sont très fréquents ont été décrits page 543 (fig. 6 à 11); il est donc inutile d'y revenir ici.

Pyroxène et amphibole. — Les groupements de pyroxène et d'amphibole monocliniques sont également très répandus. L'axe vertical et l'orthodiagonale sont rigoureusement parallèles dans les deux minéraux ; leur axe *a* est sensiblement en coïncidence. La forme adoptée plus loin pour l'amphibole a été choisie de façon à mettre en évidence la raison de ces fréquentes associations.

L'amphibole enveloppe le pyroxène, le pénètre sous forme de facules ; tantôt ces associations sont d'origine primaire (certains groupements de pyroxène et de hornblende brune des pyroxénolites, des diorites, des gabbros, etc. ; groupements de pyroxène et d'amphibole verte dans les schistes cristallins), tantôt, et plus souvent, elles sont d'origine secondaire (ouralitisation) et seront étudiées à l'article *hornblende.*

Pyroxène et biotite. — La biotite s'associe (voir à *altérations*) au pyroxène de telle façon que sa face *p* (001) de lamellisation est appliquée sur les clivages du pyroxène.

b) Associations sans liaison d'orientation entre les deux minéraux. — α) Associations pegmatoïdes. — Le pyroxène s'associe sous forme de pegmatite graphique avec divers minéraux ; il constitue le minéral enveloppé ; on observe notamment des pegmatites de pyroxène et de feldspath (cornéennes à anorthite (à grands éléments) de contact de la lherzolite du bois du Fajou, etc.), de pyroxène et de néphéline [néphélinites porphyroïdes du puy de Saint-Sandoux (fig. 11)].

Fig. 11.
Lame mince de la néphélinite doléritique du puy de Saint-Sandoux, montrant une pegmatite graphique d'augite (P) et de néphéline. (Lumière naturelle, grossissement de 60 diamètres.)

β) Associations pœcilitiques. — Ce genre d'association est très fréquent.

J'ai décrit toute une série d'associations pœcilitiques de pyroxène et d'anorthite, de pyroxène et de dipyre, de pyroxène et de biotite, de pyroxène et d'amphibole, etc., dans les roches de contact de la lherzolite des Pyrénées et des calcaires jurassiques (*Nouvelles Arch. du Muséum*, VI. 284 et *pl.* 7, 8 et 10. 1894 et *B. C. F.* n° 22. 1895). De même, dans les gneiss à pyroxène de la Loire, l'anorthite en grandes plages est associée à des cristaux globuleux de diopside. Dans toutes ces associations, le pyroxène, en grains d'orientation quelconque, est enveloppé par le second minéral.

L'inverse a lieu dans les associations de pyroxène et de feldspath grenu des gneiss à pyroxène bretons, de pyroxène et de zoïsite des éclogites de la Loire-Inférieure. Elles conduisent aux associations ophitiques.

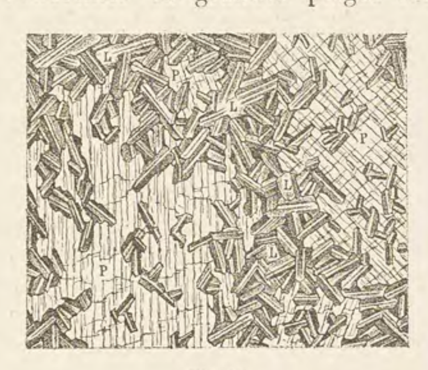


Fig. 12.
Lame mince de l'ophite de Pouzac (H^tes-Pyrénées), représentant une association ophitique d'augite (P) et de labrador (L). (Lumière polarisée.)

γ) Associations ophitiques. — Ce genre d'association se rencontre dans un grand nombre de roches basiques. Le pyroxène en grandes plages englobe des cristaux de feldspath triclinique aplatis suivant g^1 (010) (voir à *feldspath triclinique*). A l'œil nu, on voit les cristaux de pyroxène comme lardés de petites baguettes blanches constituées par des sections transversales de feldspath (ophites des Pyrénées (fig. 12), gabbro du Pallet (*Loire-Inférieure*), etc.). Quand ces associations s'étendent à tout le pyroxène et le feldspath de la roche, elles déterminent dans celle-ci la *structure ophitique*.

Composition chimique. Analyses :

a) du diopside chromifère de la lherzolite de Lherz, par M. Damour (*B.S.G.* XIX. 413. 1862);

b) de l'hédenbergite de la Casbah de Bône, par Coquand (*Mém. S. G.* V. 39. 1854);

c) du pyroxène du granite de Laveline (*Vosges*), par Mérian (*Stud. Gesteinbild. Pyroxen., Stuttgart* 1884);

d) du pyroxène du porphyre brun du Rimbachthal, par M. Osann; (*Abh. geol. Specialkarte Elsass-Lothr.* III. 109. 1887);

e) du pyroxène du porphyre de la Barnabasbrücke près Marbach (*id.*);

f) de l'augite du puy de la Rodde, par M. Pisani (*in* Gonnard, *op. cit.*, 32);

g) de l'augite de la limburgite de Reichenweier, par M. Link (*Mitth. Com. geol. Landesanst. Elsass-Lothr.* I. 49. 1887);

h) de l'augite vert bouteille d'un nodule à olivine, par M. Link (*id.*);

i) de l'omphazite de Fay (*Loire-Inférieure*) (passage à la jadéite), par M. Damour (*C. R.* XCII. 1312. 1881).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)	*f*)	*g*)	*h*)	*i*)
SiO^2	53,63	50,53	50.63	49,81	49,53	47,10	46,72 (SiO² + TiO²)	47,22	54,53
TiO^2....	»	»	0,79	»	»	»		traces	»
Al^2O^3 ...	4,07	»	0,87	0,92	5,53	10,20	6,90	6,46	14,25
Cr^2O^3...	1,30	»	»	»	»	»	»	»	»
Fe^2O^3...	»	»	8,39	7,53	4,15	»	3,31	»	3,29
FeO.....	8,52	22,07	3,33	7,69	6,50	9,60	3,30	4,37	»
MgO....	12,48	5,47	13,01	18,93	19,59	12,70	16,10	15,99	7,50
CaO.....	20,37	19,60	21,30	13,08	13,89	20,25	21,36	20,75	12,40
Na^2O...	»	»	1,02	1,26 (Na²O + K²O)	1,33 (Na²O + K²O)	0,84 (Na²O + K²O)	0,87	2,41	6,21
K^2O.....	»	»	0,50				0,82	2,64	»
H^2O.....	»	1,00	»	»	»	perte 0,20	»	»	traces
	100,37	99,67	99,84	99,22	100,52	100,89	99,38	99,84	98,18
Densité	3,28	»	3,372	»	»	3,266	3,398	»	3,31

Essais pyrognostiques. Les variations de composition chimique indiquées par les analyses ci-dessus impliquent une fusibilité au chalumeau très variable dans la série diopside-augite. La fusibilité augmente avec la teneur en fer et en alcalis. Les pyroxènes très ferrifères fondent sur le charbon en un globule noir non magnétique. La plupart des pyroxènes ne sont pas attaqués par les acides ; ils sont beaucoup moins réfractaires à l'action de l'acide fluorhydrique que les pyroxènes rhombiques.

Altérations. a) Altérations atmosphériques. — Les modes d'altération atmosphérique des pyroxènes sont assez variés, mais souvent peu intéressants au point de vue minéralogique.

Serpentinisation. — Le minéral peut se transformer en antigorite fibreuse ou lamellaire. Ce dernier cas est réalisé dans les épigénies

en bastite du diallage des péridotites. La serpentinisation est souvent accompagnée de formation de calcite.

Chloritisation. — Très fréquemment, les pyroxènes se transforment en chlorites, soit par leur périphérie, soit par production de facules ou de taches irrégulières qui gagnent de proche en proche. La chlorite est souvent accompagnée d'épidote, de calcite, de quartz. C'est à ce type d'altération qu'il faut rapporter la transformation en *céladonite* qui s'observe dans l'augite des roches microlitiques anciennes.

Talcification. — Les pyroxènes non alumineux se transforment parfois en talc fibreux, produisant ainsi les pseudomorphoses qui ont été décrites sous le nom de *pyrallolite*.

Quartzification. — Les pyroxènes sont quelquefois entièrement épigénisés en quartz grenu ou en calcédoine ; ce genre de pseudomorphose s'observe surtout dans les andésites et trachytes (porphyrites) micacés.

Calcification. — Les pyroxènes monocliniques des roches éruptives sont fréquemment transformés en calcite grenue. A cet égard, je signalerai particulièrement le trachyte quartzifère des Chazes au Lioran (*Cantal*), dont tous les grands cristaux d'augite sont transformés en calcite alors que la biotite et les feldspaths sont intacts; leurs formes sont restées très nettes. Ce mode de transformation est fréquent dans les porphyrites micacées. Enfin, dans les blocs de labradorite des tufs liasiques de Ségalas, près la Bastide de Sérou (*Ariège*), les plages ophitiques d'augite sont presque entièrement calcifiées, alors que le feldspath triclinique est intact.

b) Ouralitisation. — Le mode le plus habituel de transformation des pyroxènes est l'*ouralitisation* ou transformation en amphibole.

L'amphibole secondaire se développe soit par la périphérie des pyroxènes soit par facules, en gagnant de proche en proche le long des clivages et des cassures.

La transformation peut substituer à un cristal unique de pyroxène un cristal unique d'amphibole, qui présente par suite la forme du pyroxène avec les clivages et les autres propriétés de l'amphibole. C'est pour les produits ainsi constitués que G. Rose a créé le nom d'*ouralite*. L'amphibole est géométriquement orientée sur le pyroxène, ce qui s'explique aisément étant donnée la forme voisine des deux minéraux ; quand le pyroxène présentait originellement la macle suivant

h^1, on la retrouve dans l'amphibole de transformation. Il n'est pas rare d'observer un cristal de pyroxène ouralitisé se terminant par des prolongements dentelés d'amphibole secondaire, engagés dans les minéraux voisins (fig. 14, angle supérieur droit).

Fort souvent aussi, le pyroxène se transforme en un agrégat fibreux d'aiguilles plus ou moins parallèles entre elles, pouvant, sur les bords du cristal et à son contact avec les minéraux voisins, prendre une direction quelconque. Enfin dans d'autres cas, l'amphibole récente n'a plus aucune relation géométrique avec le minéral aux dépens duquel elle s'est formée.

Fig. 13.

Lame mince de diopside chromifère (P) présentant des plans de séparation suivant *p* (001) et s'ouralitisant en amphibole verte (A). Lherzolite des Pyrénées.

L'ouralitisation est extrêmement fréquente dans tous les pyroxènes des roches anciennes et particulièrement dans ceux des diabases (notamment des ophites des Pyrénées), des gabbros, etc., dans les roches microlitiques anciennes, dans les schistes cristallins, etc. On rencontre tous les termes de la transformation depuis le pyroxène intact jusqu'à l'amphibole pure.

Cette transformation en amphibole semble se produire par départ de chaux; elle est fréquemment accompagnée de production d'épidote (ophites des Pyrénées) et facilitée aussi par la fréquente transformation consécutive des feldspaths (gabbros des Alpes, de Corse, etc.).

La nature de l'amphibole d'ouralitisation dépend évidemment de celle du pyroxène aux dépens duquel elle se produit : c'est de l'actinote quand le pyroxène est peu ou pas alumineux, de la hornblende quand il l'est beaucoup.

Le diallage de certains gabbros des Alpes et de Corse se transforme en une amphibole vert émeraude clair ayant reçu un nom spécial, celui de *smaragdite*. L'omphazite des éclogites se transforme en une amphibole de couleur verte généralement plus foncée, à laquelle on donne le même nom.

Comme cas particulier de l'ouralitisation du pyroxène, je signalerai les curieuses transformations que j'ai observées dans la *wehrlite* d'Arvieu (*Aveyron*). Cette roche est formée par de l'olivine, englobée dans de grandes plages pœcilitiques de diallage. L'olivine est fissurée et

en voie de serpentinisation. Sa périphérie est régulièrement garnie de petites fibres incolores (trémolite) rappelant les dispositions des couronnes de l'olivine du gabbro du Pallet (page 189, fig 15); au delà de cette trémolite se développe une actinote d'un vert pâle, incolore en lames très minces. Elle se propage dans le pyroxène; ses fibres implantées sur les parois sinueuses de l'olivine finissent par se rejoindre quand le diallage a disparu, donnant alors des apparences fibroconcrétionnées fort curieuses. Cette amphibole ne peut pas être confondue avec des produits serpentineux, grâce à sa forte réfringence, qu'il est aisé d'apprécier quand l'amphibole se trouve au contact d'un grain d'olivine entièrement transformé en antigorite. Du reste, fort souvent des agrégats fibreux, au contact d'un nouveau cristal de pyroxène, s'orientent sur lui suivant le mode habituel d'ouralitisation, et il est facile alors de voir que les grandes plages d'amphibole et le minéral fibreux ne constituent qu'un seul et même minéral.

En outre de la transformation en amphibole d'un vert clair, le diallage des gabbros (euphotides) des Alpes et de la Corse présente souvent une transformation en *glaucophane*, offrant la même orientation que la hornblende verte [(Villarodin près Modane, Sant'Agostino et Sermano (*Corse*)].

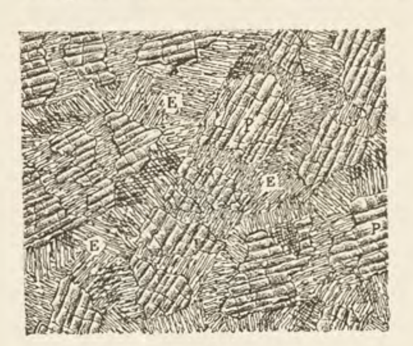


Fig. 14.
Lame mince du gabbro (euphotide) de Villarodin montrant du diallage (D) à plans de séparation suivant *p* (001) très répétés, en partie transformé en hornblende (E) et en glaucophane. A droite de la figure (en haut), une fissure du diallage est remplie par du feldspath (O) dans lequel sont engagées des aiguilles d'amphibole.

Tantôt la glaucophane forme des facules dans le diallage, tantôt elle le transforme totalement en masses bleues fibreuses. Souvent aussi, elle s'associe à la hornblende, semblant se fondre insensiblement avec elle, ou bien encore elle forme une bordure périphérique à de grands cristaux de diallage intimement transformés en hornblende. Ces cristaux ainsi transformés présentent des groupements à axes parallèles de diallage, en débris plus ou moins rongés, de hornblende et de glaucophane. Il n'est pas rare de trouver aussi des lambeaux de plages de diallage ne présentant que les plans de séparation suivant *p* (001) et englobés dans des amphiboles fibreuses (fig. 14).

On verra plus loin que beaucoup de schistes à glaucophane des Alpes et de la Corse ne sont en réalité que des gabbros entièrement transformés et glaucophanisés.

c) Ouralitisation et feldspathisation. — J'ai trouvé dans les éclogites de la Loire-Inférieure des transformations très intéressantes d'omphazite (*Bull. Soc. Sc. Nat. de l'Ouest*, I. 112. 1891). Les cristaux allongés de ce pyroxène sont peu à peu remplacés par un agrégat à structure vermiculée de smaragdite et d'albite (fig. 15). Le pyroxène de ces roches étant à la fois très sodique et très alumineux (analyse *i*), il est possible qu'il y ait là un phénomène de transformation analogue à celui qui produit un mélange (à structure vermiculée) d'eucryptite et d'albite aux dépens du triphane de Branchville (Connecticut). Les faibles dimensions des éléments récents ne permettent pas de les isoler et de vérifier cette hypothèse.



Fig, 15.
Lame mince d'une éclogite de Bouvron, montrant l'omphazite (P) en voie de transformation en smaragdite vermiculée dans un fond d'albite. (Lumière naturelle).

C'est sous cette même forme vermiculée que j'ai observé : 1° dans les pyroxénolites de Moncaup (fig. 16), des transformations de diallage en amphibole verte (avec inclusions de spinelle) et d'anorthite ; 2°, dans la lherzolite du Tuc d'Ess, des transformations de tous les éléments de la roche en un semblable mélange ; 3° la production de smaragdite développée dans du dipyre comme remplissage de fines diaclases des lherzolites de l'Ariège (*Nouv. Arch. du Muséum*, VI. 254. 1894).

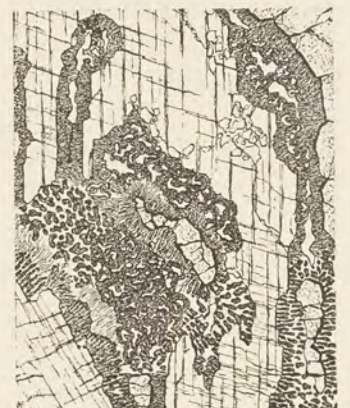


Fig. 16.
Lame mince de la diallagite à grenat de Moncaup. Un grand cristal de diallage renferme des grains de grenat pyrope. Aux dépens des deux minéraux se forme un mélange d'amphibole vermiculée et d'anorthite. (Lumière naturelle.)

Dans tous les cas qui viennent d'être brièvement énumérés, l'amphibole secondaire est géométriquement orientée sur le pyroxène.

d) Altérations par fumerolles acides. — Les cristaux des laves basaltiques de quelques gisements du Puy-de-Dôme (puy de la Vache, puy de Lassolas) ont été profondément altérés par des fumerolles acides. Ils ont conservé leurs formes, mais sont devenus blancs ou jaune de soufre. L'examen microscopique fait voir qu'ils sont constitués par une matière colloïde concrétionnée (probablement opale), ayant fixé ça et là un pigment jaune citron monoréfringent. La densité d'un petit cristal altéré du puy de Lassolas est de 1,966. Dans le même gisement se rencontre de la hyalite qui a été produite par les mêmes émanations aux dépens des roches basaltiques.

e) Altérations dues à l'action de la chaleur et des magmas volcaniques.— Les pyroxènes monocliniques des enclaves des roches volcaniques et particulièrement de celles des basaltes (norites et nodules à olivine) présentent des modifications identiques à celles qui ont été étudiées page 546 à l'article *pyroxènes orthorhombiques*. Ils fondent tout d'abord (avant la bronzite et l'olivine); puis, à leurs dépens, se produisent des recristallisations, qui déterminent la production de microlites d'augite le plus souvent orientés sur le cristal ancien de pyroxène et formant par des groupements à axes parallèles le squelette d'un grand cristal. Quand l'enclave qui présente ces transformations est recueillie, non pas dans les tufs de projection, mais dans le basalte massif, ces squelettes, au contact de la roche volcanique, se ferment et se continuent dans le basalte lui-même par un cristal à contours continus (*Les encl. des roches volc.* 134 et 487). La recristallisation du pyroxène est souvent accompagnée de formation d'olivine allongée suivant l'axe vertical.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Les pyroxènes étudiés ici (diopside-augite) se rencontrent dans de multiples conditions. J'aurai à les examiner successivement :

1° Dans les roches éruptives ;

2° Dans les météorites ;

3° Dans les roches métamorphisées au contact des roches éruptives ;

4° Dans les roches houillères fondues par les incendies souterrains ;

5° Dans les schistes cristallins ;

6° Dans les scories de diverses opérations industrielles.

1° *Dans les roches éruptives.*

a) *Dans les granites, les granulites, les pegmatites et les syénites.*

Le pyroxène est peu abondant dans les granites français ; il s'y rencontre surtout dans les granites à amphibole, et plus fréquemment encore (Pyrénées) dans les granites endomorphisés au contact de massifs calcaires. Il se présente généralement en cristaux arrondis *microscopiques*; il est d'un vert peu foncé et souvent presque incolore en lames minces. Sa composition est d'ordinaire celle d'une malacolite, parfois un peu sodique et alumineuse.

Le pyroxène, au contraire, est fréquent en grands cristaux, pouvant atteindre plusieurs centimètres de long, dans les granulites et les pegmatites endomorphisées au contact de roches basiques (calcaires, gneiss amphiboliques, gneiss à pyroxène et à diopside, etc.). Ces cristaux possèdent des formes nettes ; ils sont allongés suivant l'axe vertical et présentent les faces h^1 (100), g^1 (010), très développées, associées à m (110) ; les plans de séparation suivant p (001) sont fréquents (fig. 17). Ce pyroxène (malacolite) est parfois alumineux; il s'altère facilement, se couvrant alors d'une croûte de limonite. Je le citerai surtout dans les gisements suivants :

Fig. 17.
Pyroxène des granulites endomorphisées.

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* Des cristaux très nets de ce pyroxène vert clair se rencontrent dans les filons de pegmatites endomorphisées à leur contact avec les gneiss pyroxéniques à dipyre de l'Étang près Saint-Nazaire.

Pyrénées. — *Ariège.* Aux environs d'Ax on trouve le même minéral dans des filons de granulite traversant les schistes cristallins basiques de Saint-Brévin. D'après les échantillons de la collection Cordier, c'est à une pegmatite à pyroxène de ce genre provenant des environs d'Ax que ce savant a donné le nom de *dibasite*.

Plateau Central. — *Rhône.* Les lits de granulite des gneiss à pyroxène de Duerne (Gonnard : *B. S. M.* XV. 233. 1892), de Saint-Denis-le-Courreau appartiennent à ce même type de pyroxène. Ceux

de Duerne atteignent 3^{cm} ; on en aurait même trouvé de deux décimètres de longueur, d'après Drian.

Vosges. — [*Alsace*]. Enfin ce même minéral se trouve dans les pegmatites à sphène qui depuis longtemps ont été signalées par Delesse dans les cipolins des environs de Sainte-Marie-aux-Mines (carrière Saint-Philippe).

b) *Dans les microgranulites et les rhyolites* (*porphyres*).

Dans les microgranulites et les rhyolites (porphyres pétrosiliceux), le pyroxène est un diopside (malacolite) ou une augite plus ou moins ferrifère et, par suite, d'un vert plus ou moins foncé ; il se présente en cristaux distincts de la période intratellurique, qui sont alors parfois visibles sans le secours d'une loupe.

c) *Dans les syénites et les syénites néphéliniques*.

Le pyroxène qui se rencontre comme élément accessoire dans les syénites françaises est une malacolite d'un vert clair présentant parfois des formes distinctes ; elle est semblable à celle du granite.

Dans la syénite néphélinique de Pouzac (Hautes-Pyrénées), l'augite est d'un noir foncé ; en lames minces, elle est légèrement pléochroïque dans les teintes jaunes et violacées ; elle présente souvent la structure en sablier et se transforme sur les bords en ægyrine, en épidote, etc.

d) *Dans les diorites et les diabases*.

Le pyroxène des diorites françaises est une malacolite d'un vert pâle ; elle est souvent intimement associée à la hornblende. Dans les diorites appartenant à la série des porphyrites micacées, le pyroxène est automorphe et semble parfois être une augite.

La malacolite est, au contraire, rare dans les diabases, où elle est remplacée par une augite d'un brun violacé plus ou moins intense en lames minces. Ces deux catégories de pyroxène se rencontrent rarement dans la même roche.

L'augite se présente généralement en cristaux arrondis, parfois automorphes et très nets [diabase à hornblende des environs d'Ogeu (*Basses-Pyrénées*)]. Ce minéral est contemporain du feldspath ou antérieur à celui-ci. Dans les diabases à structure ophitique, au contraire, le pyroxène est postérieur au feldspath, dont il englobe les lamelles

aplaties suivant g^1 (010) (fig. 12, page 577). Cette structure est caractéristique des ophites si abondantes dans les Pyrénées. Dans la plupart de ces roches, le pyroxène n'est pas automorphe; mais, dans quelques-unes d'entre elles, on observe comme accident local des cristaux nets d'augite m (110), h^1 (100), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), extrêmement aplatis suivant h^1 (100), allongés suivant l'axe vertical et souvent maclés suivant h^1 (100) (fig. 19 et 20); ils peuvent dépasser 1^{cm} de longueur : Castenerecca (*Basses-Pyrénées*), environs de Saint-Béat (*Haute-Garonne*), Berquié au-dessus de Vicdessos (*Ariège*), etc.

L'augite des diabases présente parfois les plans de séparation faciles du diallage. Quand dans ces roches il existe de la hornblende brune (port de Saleix, sud d'Ax (Ariège), etc.), elle est fréquemment groupée à axes parallèles avec le pyroxène.

L'augite des ophites, comme du reste celle de la plupart des diabases françaises, est très fréquemment ouralitisée plus ou moins complètement, ce qui explique la couleur verte que présentent ces roches.

c) *Dans les gabbros, les norites, les péridotites (serpentines) et les pyroxénolites.*

Les pyroxènes que l'on observe comme éléments constitutifs de ces roches appartiennent soit au diallage (gabbros, pyroxénolites, wehrlites), soit au diopside chromifère (lherzolites et certaines pyroxénolites). Ces minéraux sont dépourvus de formes géométriques. Le diallage constitue souvent des masses atteignant plusieurs centimètres de plus grande dimension, remarquables par l'éclat métallique de leurs plans de séparation suivant h^1 (100). Les gabbros (euphotides) qui les renferment sont fréquemment ophitiques; on voit alors à l'œil nu les grandes lames de diallage lardées de cristaux blancs de feldspath. Dans les Alpes et en Corse, certaines de ces roches sont entièrement transformées, leurs feldspaths sont saussuritisés et leur diallage ouralitisé en smaragdite d'un beau vert émeraude ou en glaucophane.

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. Le gabbro à olivine des environs du Pallet près Clisson, dont j'ai antérieurement donné la description (*B. S. M.* XII. 238. 1889), renferme fréquemment des parties à grands éléments dans lesquelles on trouve des plages de diallage atteignant plusieurs centimètres carrés.

Pyrénées. — Les lherzolites des Pyrénées contiennent, comme élément constitutif, du diopside chromifère d'un beau vert émeraude

qui se concentre rarement en amas grenus. Ces roches sont traversées par des filons ou pseudofilons de pyroxénolites essentiellement constituées par un pyroxène monoclinique (diopside chromifère dans les bronzitites et les diopsidites, diallage dans les diallagites) (Pour plus de détails sur ces roches, voir *Nouv. Arch. du Muséum*, VI. 209. 1894 et *B. C. F.* n° 42. 1895). Voici les gisements qui méritent d'être cités pour la beauté de leurs pyroxènes :

Basses-Pyrénées. Moun caou en Louvie Juzon, cristaux porphyroïdes de diopside chromifère atteignant 1 à 2 cm.

Haute-Garonne. Le massif de Moncaup Arguénos est formé par une lherzolite porphyroïde très analogue à celle du Moun caou et présentant le même diopside chromifère. Ce massif est traversé près de Moncaup, sur la lisière N.-E., par des filons d'une diallagite à pyrope dans laquelle on peut recueillir de superbes échantillons de diallage brun noir ayant jusqu'à 5 cm de côté. Ce diallage a subi des actions mécaniques puissantes qui l'ont tordu et gondolé. Ses altérations amphiboliques ont été décrites page 582 (fig. 16).

Dans la lherzolite porphyroïde du Tuc d'Ess en Coulédoux, j'ai observé des concentrations d'un diopside peu chromifère formant des lames qui atteignent 1 cm.

Ariège. — A l'étang de Lherz, au pic de la Fontète rouge (ravin de la Plagnole et de l'Homme Mort), à Bernadouze et à l'Escourgeat, (vallée de Suc), à Porteteny près Vicdessos, la lherzolite renferme parfois des concentrations de diopside vert émeraude, seul ou associé à la bronzite. A Prades, le même minéral constitue dans la lherzolite à grands éléments des plages atteignant 1cm. Au pic de Géralde il se concentre souvent sur les salbandes des filons de diallagite.

C'est aux environs de Prades que se trouvent également en abondance des diallagites à grands éléments fournissant des échantillons de diallage de plusieurs centimètres analogues à celui de Moncaup, bien que de dimensions moins grandes.

Plateau Central. — Les nombreuses serpentines du Plateau Central renferment parfois des restes de diallage non serpentinisé (*Haute-Loire*, *Cantal*, etc.) ; de belles lames de ce minéral ont été notamment signalées (*J. M.* XIX. 1806) aux baraques de Gournay à environ 8 kilomètres de Montaigut en Combrailles (*Puy-de-Dôme*) à environ 200m à droite de la route de Néris.

A Arvieu (*Aveyron*), au lieu dit La Préfecture, se trouve un petit pointement d'une péridotite décrite par M. Bergeron (*A. Sc. géol.* XXII. 36. 1889), comme formée par de l'olivine en voie de serpentinisation et du diallage en partie transformé en serpentine. M. Gaubert m'a recueilli récemment des échantillons très frais de cette roche possédant au plus haut point la structure pœcilitique. Dans de grandes lames de pyroxène (diallage) sont englobés des grains d'olivine fendillés et imprégnés d'antigorite. Leur périphérie est garnie d'une zone fibreuse de trémolite au delà de laquelle se développe une actinote d'un vert très pâle qui peu à peu épigénise le pyroxène suivant le mode décrit page 580. Cette roche est un bon type de *wehrlite*.

Morvan. — Les serpentines du Morvan renferment parfois de grandes lames de diallage.

Vosges. — *Vosges*. Le diallage se trouve dans quelques péridotites (serpentines) des Vosges ; il a été signalé depuis longtemps par Delesse dans le gabbro d'Odern [Alsace].

Alpes. — *Savoie*. Les gabbros (euphotide) saussuritisés de Villarodin près Modane renferment un diallage en grandes lames à éclat bronzé présentant des plans de séparation nombreux suivant h^1 (100) et p (001). Ils sont profondément ouralitisés soit en amphibole d'un vert pâle, soit en glaucophane (voir p. 581, et fig. 14). Les pseudomorphoses contiennent souvent aussi des fragments de biotite foncée et sont imprégnées d'albite et d'épidote secondaire.

Isère. Du diallage en très grandes lames d'un jaune bronzé se trouve dans les gabbros (euphotide) du lac Robert (massif de Belledonne), etc.

Hautes-Alpes. Le gabbro (euphotide) à smaragdite du mont Genèvre est bien connu. C'est une roche à grands éléments, renfermant de larges cristaux de diallage entièrement transformés en smaragdite verte et associés à une masse grise ou gris bleuâtre constituée par d'anciens cristaux de feldspath triclinique basique le plus souvent entièrement saussuritisés. Les phénomènes dynamiques sont intenses et les plages de smaragdite sont fréquemment déformées.

Le diallage du gabbro des environs de Molines dans le Haut-Queyras qui m'a été communiqué par M. Nentien présente des altérations en glaucophane (flanc ouest de Mourre-Froid entre le village de Molines et le signal 2792).

Corse. — Les gabbros et norites à grands cristaux de diallage et

d'hypersthène atteignant souvent plusieurs centimètres de plus grande dimension abondent en Corse. M. Nentien a bien voulu à cet égard me fournir les indications suivantes; je dois en outre à son obligeance la communication de nombreux échantillons qui m'ont permis de faire les observations consignées à diverses places dans cet ouvrage.

On peut distinguer dans les roches basiques de Corse deux séries.

1° Celle du N.-E., qui correspond à la série ophitique des îles de la mer de Toscane et des Alpes, peut être divisée en trois groupes.

a) Le groupe inférieur est constitué par des péridotites (généralement serpentinisées) qui sont traversées par des filons de norites et de gabbros à grands éléments. Ces roches sont postérieures aux schistes lustrés et amphiboliques qu'elles recoupent dans l'arrondissement de Bastia et dans une partie de celui de Corte ; la région du cap Corse peut être particulièrement citée à cet égard.

Des gabbros à grands cristaux de diallage atteignant plusieurs centimètres de largeur et de longueur se trouvent en filons dans la serpentine, notamment au Monte Marcolino, au Monte Grosso et sur le versant O. du Monte Alticcione au S. de Luri (cap Corse). Le diallage y présente fréquemment des plans de séparation suivant *p* (001) ; il est plus ou moins ouralitisé en amphibole vert clair.

Dans les péridotites (serpentines) et notamment dans celles du cap Corse, le diallage forme de grandes plages à éclat bronzé qui ne peuvent être distinguées de la bronzite qu'au microscope ; elles sont souvent en partie transformées en bastite.

b) Le groupe moyen est formé par les gabbros (euphotides) saussuritisés à smaragdite qui se trouvent sur les schistes et les roches éruptives du groupe précédent. Les localités les plus célèbres à ce point de vue sont celles des environs d'Orezza (Piedipartino). Ces roches se trouvent dans toutes les collections. Elle constituent le célèbre *verde di Corsica*. Le diallage est le plus souvent totalement épigénisé en smaragdite d'un beau vert émeraude, distribuée dans une masse blanche ou gris bleuâtre de feldspath saussuritisé. Cependant, dans des échantillons de Piedipartino que m'a donnés M. Nentien, se trouvent des cristaux de diallage presque intacts et d'autres dans lesquels on voit se produire peu à peu la transformation en smaragdite : ils sont d'un blanc un peu verdâtre et pauvres en fer.

Cette roche a subi un laminage énergique qui lui a donné par places

une structure rubannée et même schisteuse. L'examen microscopique y décèle des déformations mécaniques des plus énergiques. Les grandes plages de smaragdite, presque incolores en lames minces, sont souvent brisées et ressoudées par les produits de saussuritisation.

Ces gabbros à smaragdite sont tout à fait identiques à ceux du mont Genèvre dont il a été question plus haut.

c) Le groupe supérieur est constitué par des norites et des gabbros à grands éléments en relation avec des filons de diabase à olivine possédant la structure ophitique ; ces roches renferment souvent elles-mêmes de l'olivine.

Les éléments des roches grenues de ce groupe atteignent souvent 6^{cm} de plus grande dimension. Ces roches sont comparables aux gabbros de l'île d'Elbe. D'après M. Nentien, elles sont postérieures aux calcaires et aux grès nummulitiques.

Elles abondent dans une bande centrale ininterrompue allant de la haute vallée de la Navaccia jusqu'aux environs de Sermano en passant par Ponteleccia, la vallée de Casaluna et San Lorenzo ; on en retrouve des pointements isolés dans les environs de Murato et de Rutali, ainsi qu'au nord du défilé de l'Insecca. Les feldspaths sont souvent saussuritisés ; le diallage, riche en plans de séparation suivant p (001) et h^1 (100), est fréquemment ouralitisé en hornblende ou en glaucophane (Sant' Agostino, Sermano).

2° La seconde série de roches basiques s'observe au sud de l'île dans l'arrondissement de Sartène près de Santa Lucia de Tallano et de Levie ; elle est constituée par des gabbros et des norites à grands éléments, souvent ouralitisés, qui se trouvent en nombreux dykes ou filons dans le granite et la granulite. Quelques-unes de ces roches renferment des cristaux d'amphibole de plus de 5^{cm} de longueur englobant des cristaux d'anorthite, de diallage, d'hypersthène (structure pœcilitique) (Levie, San Gavino). La diorite orbiculaire de Santa Lucia est un cas particulier de ces roches.

Nouvelle-Calédonie. — Le diallage, en grandes lames de plusieurs centimètres, se rencontre dans des gabbros en filons minces au milieu des péridotites (serpentines).

e) *Dans les roches du groupe des porphyrites micacées.*

Les minettes, kersantites et leurs formes microlitiques (orthophyrites, porphyrites micacées et amphiboliques (voir page 324)) renferment

souvent soit un pyroxène de couleur vert clair (parfois incolore en lames minces) appartenant à la malacolite ou à ses termes de passage avec l'augite, soit de l'augite normale. Les cristaux de ces pyroxènes sont parfois allongés suivant l'axe vertical et ne se distinguent souvent qu'au microscope. Fréquemment, ils sont entièrement transformés en un mélange de calcite, de magnétite, de chlorite avec ou sans produits serpentineux ou fibreux [Plateau Central, Lyonnais (Romanèche), Morvan, etc.].

f) Dans les roches volcaniques.

α) Dans les roches volcaniques basiques (basaltes, labradorites, leucotéphrites) et leurs enclaves homœogènes.

Les cristaux d'augite sont très abondants dans les roches basaltiques françaises ; certains basaltes en renferment même en si grande quan-

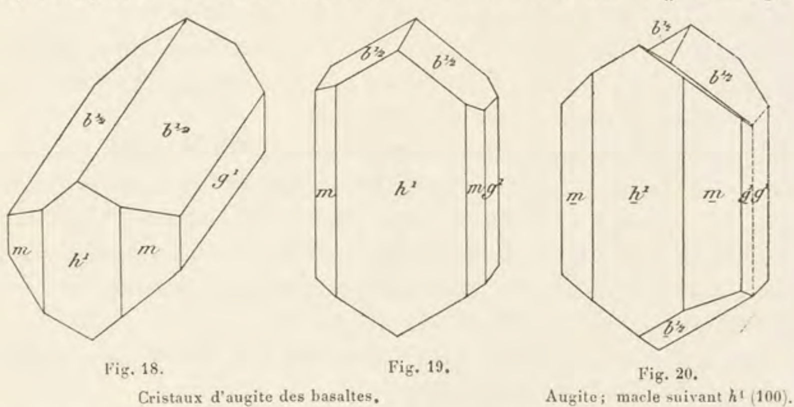


Fig. 18. Fig. 19.
Cristaux d'augite des basaltes.

Fig. 20.
Augite ; macle suivant h^1 (100).

tité qu'ils sont devenus porphyroïdes (basalte porphyroïde). Leurs formes dominantes sont celles des fig. 9, 18 et 19. Les macles suivant h^1 (100) (fig. 20) sont abondantes, celles suivant o^1 (101) (fig. 4) ou ($\bar{1}22$) plus rares (fig. 21 et 22).

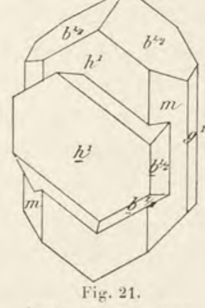


Fig. 21.
Augite, macle suivant ($\bar{1}22$).

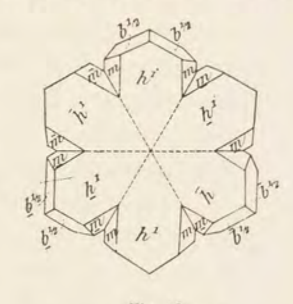


Fig. 22.
Augite, macle suivant ($\bar{1}22$) de trois individus.

Ces cristaux se trouvent parfois isolés en énorme quantité dans les tufs de projection basaltiques, où ils sont plus abondants que dans les roches

en filons ou en coulée; ils y sont généralement accompagnés par de la hornblende. Il n'est pas rare de les trouver en grande abondance dans des tufs de projection provenant de cratères ayant donné des coulées de basaltes dépourvus de semblables cristaux. Ce fait peut s'expliquer aisément. Les produits de projection proviennent des parties supérieures du magma volcanique qui se trouvaient, avant l'éruption, dans les réservoirs souterrains, à une température assez peu élevée pour avoir permis la production de pyroxène et d'amphibole. Au moment de l'éruption, après l'expulsion de ces parties superficielles du magma dejà en voie de cristallisation, les matières fondues venues d'une profondeur plus grande et possédant par suite une température plus élevée sont arrivées rapidement au jour. Elles ne se sont pas ainsi trouvées dans les conditions nécessaires à la production de grands cristaux intratelluriques de pyroxène et d'amphibole.

L'augite se rencontre dans les basaltes, les labradorites, les leucotéphrites, et dans certaines andésites, non seulement en grands cristaux intratelluriques, mais encore en microlites.

Les microlites d'augite sont allongés suivant l'axe vertical ou arrondis. On les observe souvent dans les roches volcaniques d'épanchement, se formant aux dépens des cristaux anciens de biotite et de hornblende suivant le mode décrit p. 546. On a vu plus haut que, dans le cas de la structure ophitique, l'augite, au lieu d'être antérieure aux feldspaths, les englobe.

L'augite se trouve aussi dans les nodules à hornblende (enclaves homœogènes) des tufs basaltiques.

Dans toutes les roches dont il est question dans ce paragraphe, l'augite est noire ou d'un vert foncé. En lames minces, elle est d'un vert variable (parfois d'un brun violacé) (titanaugite). Elle est souvent zonée ou possède la structure en sablier que révèle l'examen microscopique (fig. 10). Elle est riche en inclusions vitreuses (souvent régulièrement distribuées suivant des zones concentriques), en inclusions d'apatite, de magnétite, quelquefois d'olivine, etc.

Il n'y a pas de distinction à faire entre l'augite des roches volcaniques postsecondaires et celle des roches volcaniques antétertiaires : il faut simplement remarquer que dans les dernières, l'augite présente les mêmes altérations que les pyroxènes des roches granitiques, tandis que ceux des roches de l'autre série en sont dépourvus.

Je ne m'occuperai ici que des gisements fournissant de bons

cristaux. Ils se trouvent tous dans des roches volcaniques tertiaires ou plus récentes[1]. Sauf avis contraire, ils présentent les formes des figures 18 à 20.

Plateau Central. — *Ardèche*. L'augite en grands cristaux libres atteignant souvent 2^{cm} suivant l'axe vertical abonde dans les scories basaltiques du massif des Coirons et notamment à Chenavari, Rochemaure, Montbrul, Rochesauve près Chomerac, où Faujas de Saint-Fond l'avait déjà observée à la fin du siècle dernier (*Mém. sur les schorls*, 1778). Ces cristaux d'augite sont associés à de la hornblende. Ils renferment souvent des inclusions de magnétite et des prismes hexagonaux d'apatite.

M. Favre m'a remis de jolis cristaux isolés du même minéral provenant du suc de l'Areilladon et offrant une grande ressemblance avec ceux du Puy-de-Dôme ; ils sont souvent maclés suivant h^1 (100) ; des cristaux analogues ont été recueillis par M. Boule dans les basaltes porphyroïdes du plateau des Coirons, près Saint-Jean-le-Centenier.

Haute-Loire. Les grands cristaux d'augite abondent dans le basalte porphyroïde du Mézenc (observé depuis Graillouze jusqu'au plateau des Coirons), ainsi que dans celui de divers points du Mégal et de l'Emblavès, notamment à Mézères (Boule : *B. C. F.* n° 28. 124) ; on en trouve de même dans le basalte de Saint-Privat d'Allier. Ils accompagnent la hornblende dans les tufs basaltiques de la chaîne des puys (Croustet, Taulhac, Bilhac, Sainzelle, Vialette, Mons, Sainte-Anne, La Baraque, Tareyre, etc.) ; dans le massif de la Durande, dans les brèches du cirque de Boutières près le Mézenc ; dans les labradorites de Montchamp près Laussonne, dans les tufs de labradorite de La Besseyre (à 3 ou 4 km. de Monastier), de Bournac, etc. On les trouve aussi, avec hornblende, spinelle, magnétite, sphène, dans les sables du Riou Pezzouliou près le Puy.

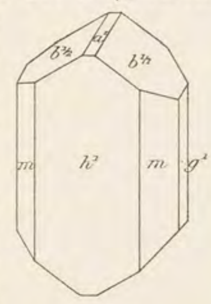


Fig. 23
Augite des environs du Puy.

Les cristaux de tous ces gisements présentent les formes communes. J'ai trouvé dans la collection du Muséum, avec l'indication « environs du

1. Toutefois, dans les tufs (*de l'âge du Culm*) de leucotéphrites de La Place près Clermain (*Saône-et-Loire*), j'ai recueilli un petit fragment de projection contenant un cristal très net d'augite de 0^{cm} 5 de plus grande dimension : il est en partie transformé en biotite et hornblende.

Puy », de jolis cristaux aplatis suivant h^1 (100), présentant parfois les faces a^1 ($\bar{1}01$) arrondies (fig. 23) : ils sont très souvent maclés suivant h^1, et alors seulement possèdent les faces $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$) et $e^{1/2}$ (021) (fig. 2 à 4). Un cristal présente une macle de trois individus que l'on rencontre fréquemment dans les coupes minces de roches, mais que je n'ai pas trouvée à l'état macroscopique dans d'autres gisements français (fig. 24 à 26). Dans la même collection se trouvent des cristaux provenant du volcan du Coupet près Saint-Eble et ayant $2^{cm}5$ suivant l'axe vertical. Ils présentent la forme de la fig. 9, avec en outre a_3 ($\bar{2}11$).

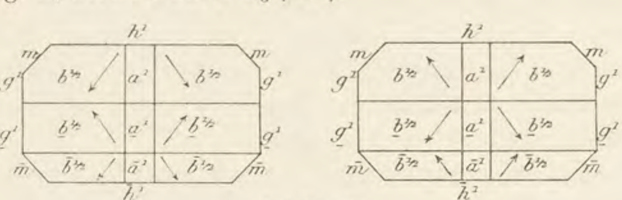


Fig. 24 et 25.
Projection, sur un plan perpendiculaire à l'axe vertical, d'une macle triple, suivant h^1 (100), d'augite des environs du Puy.

Fig. 26.
Projection sur g^1 de la macle représentée par les figures 24 et 25.

Cantal. L'augite se trouve en beaux cristaux dans le basalte porphyroïde de la vallée de Mandailles, dans celui de Thiézac. On peut citer notamment : en premier lieu, le basalte porphyroïde de Loubéjac, à l'O. de Saint-Chamant, qui fournit une énorme quantité de cristaux de 2 à 3^{cm}, vendus sous le nom de « pyroxène d'Auvergne »; les tufs de projection du basalte porphyroïde de Triboulan à la cascade de Faillitoux près Thiézac. Les cristaux de cette localité sont souvent creusés de nombreuses cavités et enduits de verre noir : ils présentent les faces m (110), h^1 (100), g^1 (010), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) avec rarement p (001); les macles suivant h^1 (100) sont fréquentes. On peut indiquer encore, comme gisements intéressants : Combourieu au S. de Saint-Chamant, Tournemire, plateau des environs d'Aurillac, environs de Boussac, de Bouygues, de Liourmies, de La Bastide, de la Font des Vaches au pied du puy Griou, du pied du puy Mary, le plateau de Donne; les tufs basaltiques de Maillargues près Allanches avec beaux cristaux d'olivine[1]. L'augite se trouve aussi en beaux cristaux au volcan d'Autrac, au N.-E. de Leyvaux, au volcan de Fauvat dans la même région.

1. Ce gisement d'olivine est à ajouter à ceux que j'ai décrits p. 179. M. Gonnard a, en effet, signalé (*C. R.* CXVII. 864. 1893) de très nombreux cristaux atteignant 18^{mm}; les combinaisons observées sont $g^3 g^1 e^1 e^{1/2}$; $g^3 g^1 e^1 e^{1/2} a^1$; $g^3 g^1 e^1 e^{1/2} a^1 b^{1/2}$;

Puy-de-Dôme. Le gisement qui fournit la plupart des cristaux d'augite désignés dans les collections sous le nom d'augite d'Auvergne est le puy de la Rodde près du lac d'Aydat (versant Est). Les cristaux y sont extrêmement abondants dans les scories basaltiques ; leurs formes sont banales (voir l'analyse *a*).

Les cristaux du puy de Corent sont caractérisés par leur association constante avec la magnétite formant parfois de gros octaèdres à faces creuses; aussi les cristaux de ce gisement sont-ils presque toujours magnétiques. M. Gonnard y a signalé récemment (*B. S. M.* XVIII. 101. 1895) les combinaisons de formes suivantes : m (110), h^1 (100), g^1(010), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) avec parfois e^1(011), μ (121); $p\ m\ h^1\ g^1\ b^{1/2}\ e^{1/2}$; $m\ h^1\ g^1\ b^{1/2}\ e^{1/2}\ a_3$ ($\bar{2}11$) $= \alpha$ (fig. 27, d'après M. Gonnard) ; $m\ h^1\ g^1\ b^{1/2}\ b^{1/4}$ ($\bar{2}21$). La face e^1 (011) m'a été signalée par M. Gonnard comme rectification des faces $b^{1/2}$ de la fig. 1 de son mémoire précité.

Le puy de Charade a fourni aussi de gros cristaux de la combinaison $m\ h^1\ g^1\ b^{1/2}\ e^{1/2}$; M. Gautier m'a remis de petits cristaux très nets de la même forme, parfois maclés suivant h^1 (100) : ils proviennent du puy Noir près du puy de la Vache.

Fig. 27.
Projection, sur un plan perpendiculaire à l'axe vertical, d'un cristal d'augite du puy Corent.

Enfin les laves basaltiques du puy de la Vache et de Lasollas renferment des cristaux d'augite fort nets, qui, ainsi que la roche qui les contient, ont été décomposés par des vapeurs acides; ils sont devenus jaunes ou blancs, ils sont très fragiles et accompagnés d'hyalite fibreuse. Au microscope, j'ai pu constater que ces cristaux sont transformés en une masse colloïde généralement incolore, mais parfois colorée en jaune d'or.

Les basaltes porphyroïdes du Puy-de-Dôme, de même que le basalte semi-ophitique (basalte demi-deuil) de la Croix-Morand et de la Banne d'Ordenche au mont Dore, renferment aussi de l'augite (titanaugite) en gros cristaux. Les cristaux d'augite de ce dernier gisement présentent la particularité d'être associés ophitiquement avec du labrador. Les deux minéraux sont englobés dans le magma microlitique. Ces

les cristaux les plus abondants ont la forme des fig. 7 et 10 (p. 179). Sur une centaine de cristaux que j'ai eus entre les mains, j'en ai trouvé trois allongés suivant l'axe vertical (fig. 11, page 179). Quelques cristaux d'un jaune foncé possèdent sur les faces e^1 et $e^{1/2}$ un éclat soyeux rappelant celui de l'œil-de-chat.

cristaux sont fréquemment aplatis suivant h^1 (100) et présentent les macles cruciformes suivant ($\bar{1}22$), surtout abondantes à Mareuges.

Notons, en terminant, que la néphélinite porphyroïde du puy de Saint-Sandoux (Barneire) est riche en titanaugite parfois associée à la néphéline en pegmatite graphique (fig. 11, p. 576).

Algérie. — *Oran.* M. Gentil m'a signalé des cristaux d'augite dans les tufs de leucotéphrites de la région d'Aïn-Témouchent et notamment dans le cratère intact du lac Ben Ganah. Ils ont des formes habituelles. Quelques-uns d'entre eux sont aplatis suivant une face m (110) (fig. 28) et parfois en outre allongés suivant une arête $b^{1/2}$ $b^{1/2}$. Ils sont accompagnés de jolis cristaux a^1 (111), b^1 (110) de spinelle noir et de cristaux de sphène brun ; ces associations rappellent celles des sables du Riou Pezzouliou au Puy.

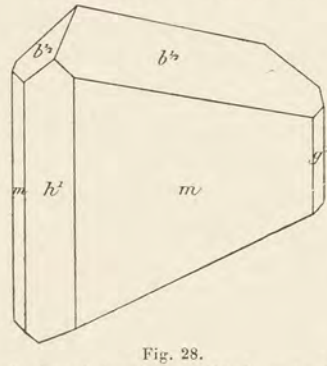


Fig. 28.
Augite aplatie suivant m (110) du cratère de Ben-Ganah.

Madagascar. — L'augite se trouve dans les tufs basaltiques de divers gisements volcaniques de Madagascar (massif d'Ankaratra, etc.).

La Réunion. — L'augite abonde dans les basaltes et les scories des projections volcaniques de l'île. J'ai décrit (*B. S. M.* VII. 173. 1884) de très jolis cristaux qui ont été recueillis par M. Vélain à la plaine des Sables en même temps que les cristaux d'olivine étudiée p. 179. Ils n'ont guère plus de 5^{mm} de plus grande dimension, mais les faces sont très nettes. Ils sont simples ou maclés suivant h^1 (100); quelques cristaux présentent $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$) (fig. 9) et $e^{1/2}$ (021) (fig. 2 à 4).

Ile Saint-Paul. — M. Vélain a observé des cristaux nets d'augite (formes communes) dans les tufs basaltiques dont il est question plus loin au sujet de l'anorthite.

Antilles. — Les tufs volcaniques de la Guadeloupe et de la Martinique renferment de beaux cristaux libres d'augite présentant toutes les formes de ceux d'Auvergne; les faces p (001) et a^1 ($\bar{1}01$) sont, en outre, fréquentes, mais souvent arrondies.

Nodules à olivine. On a vu, aux articles *bronzite* et *olivine*, que les nodules à olivine des tufs basaltiques sont riches en diopside chromifère identique à celui des lherzolites.

β) Dans les andésites et les trachytes.

L'augite se rencontre en cristaux intratelluriques macroscopiques dans un grand nombre de trachytes et d'andésites du Plateau Central. Tantôt elle y est accompagnée de biotite et de hornblende, tantôt elle est le seul silicate ferrugineux de première consolidation.

Elle y présente les mêmes formes simples que dans les basaltes, mais ne constitue pas d'aussi grands cristaux que dans ces dernières roches. Toutefois dans un grand nombre d'andésites du Cantal (env. de Murat, etc.), il n'est pas rare d'y trouver des cristaux nets atteignant 4 ou 5^{mm}. Dans les trachytes et andésites à hypersthène signalés plus haut, l'augite est souvent intimement associée au pyroxène rhombique.

L'augite se présente aussi en microlites dans les plus basiques de ces mêmes roches (trachytes et andésites augitiques).

Je ne cite que pour mémoire ici les enclaves homœogènes des trachytes et andésites (*sanidinites* et *ségrégations basiques*) qui contiennent les mêmes pyroxènes que les roches volcaniques elles-mêmes, mais qui ne m'ont présenté aucun caractère spécial.

γ) Dans les phonolites et dans leurs enclaves homœogènes.

L'ægyrinaugite est le pyroxène dominant des phonolites du Plateau Central et particulièrement des phonolites néphéliniques où elle est accompagnée d'ægyrine. Elle s'y rencontre en grands cristaux intratelluriques et en microlites. On peut constater souvent que l'ægyrinaugite forme la périphérie de cristaux d'augite brunâtre. Souvent même l'ægyrinaugite est bordée par une mince zone d'ægyrine proprement dite.

L'ægyrinaugite existe dans les mêmes conditions comme élément des enclaves homœogènes de ces phonolites et des syénites néphéliniques.

Dans les phonolites vacuolaires de la maison forestière du Mézenc, en même temps que les cristaux de néphéline (voir page 500), M. Boule m'a signalé de petits cristaux nets d'ægyrinaugite présentant la forme commune (fig. 19) avec aplatissement très marqué suivant h^1 (100).

2° *Dans les météorites.*

Les pyroxènes monocliniques sont plus rares dans les météorites que les pyroxènes rhombiques. Ils forment l'un des éléments essen-

tiels des *eucrites*, dont un des meilleurs types est constitué par les météorites de Juvinas (*Ardèche*) et de Jonzac (*Charente-Inférieure*).

Ces roches sont microlitiques (Juvinas) ou diabasiques (Jonzac). G. Rose en a extrait un cristal présentant les formes h^1 (100), m (110), g^1 (010), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$) (fig. 9) (*P. A.* IV. 174. 1825) et offrant l'aspect de l'augite volcanique.

M. Tschermak a extrait de la même météorite un cristal offrant un tout autre aspect et représenté par la fig. 29 (*in* Cohen, *Meteoritenkunde*, I. 292. 1894); il a l'apparence du diopside avec les faces h^1 (100), $h^{3/2}$ (510), h^2 (310), p (001), $d^{1/2}$ (111), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$). D'après ce savant, l'angle d'extinction dans g^1 (010) est de 52°10 : les plans de séparation suivant p (001) correspondent sans doute à des macles. Il existe dans p des inclusions noires ou brunes, souvent extrêmement fines (inclusions vitreuses). Le minéral renferme aussi des inclusions allongées suivant l'axe vertical. M. Cohen incline à penser que la météorite de Juvinas renferme deux pyroxènes dont l'un serait une augite et l'autre un diopside. L'analyse de ce pyroxène n'a pas été faite, mais l'analyse suivante de la partie de la météorite non attaquée par les acides (déduction faite de 2,13 °/₀ de chromite et de 0,16 °/₀ de Ti O²) laisse à penser que le pyroxène dont il s'agit n'est pas de l'augite normale, la proportion d'alumine étant presque nulle :

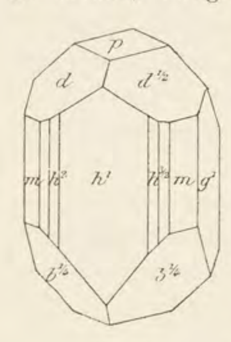


Fig. 29.
Pyroxène de la météorite de Juvinas.

SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	alcalis	
52,50	0,24	31,06	5,73	10,06	0,41	= 100

Dans l'échantillon de l'eucrite de Jonzac que j'ai examiné grâce à l'obligeance de M. Stan. Meunier, l'augite est remarquable par la fréquence des plans de séparation suivant p (001) : les macles suivant h^1 (100) sont fréquentes.

3° *Dans les roches sédimentaires métamorphisées au contact des roches éruptives.*

a) *Contact des granites et des granulites, diorites, diabases, gabbros.*

Le pyroxène est presque constant dans les calcaires métamorphisés par le granite, la granulite, les diorites, les diabases et les gabbros. Il

est constitué soit par de la malacolite, soit par une augite plus ou moins ferrifère. Quand le minéral est peu ferrifère, il est d'un vert clair et le plus souvent incolore en lames minces. C'est sous cette forme qu'on le trouve notamment dans les cornéennes de Dielette (*Manche*) et de divers gisements du Plateau Central et des Vosges.

Je ne citerai que les gisements qui se recommandent par la grande taille des pyroxènes que l'on y rencontre en échantillons *macroscopiques*.

Pyrénées. — Tous les gisements de contact du granite et des calcaires paléozoïques cités à l'article *grossulaire* (page 219) renferment des pyroxènes pouvant atteindre plusieurs millimètres. Ils sont en général dépourvus de formes déterminables autres que celles de la zone prismatique.

Au-dessous de l'observatoire du pic du Midi de Bigorre, on rencontre de très gros blocs d'un pyroxène vert, plus ou moins foncé, opaque; il est accompagné d'idocrase, de grenat grossulaire, de blende, etc. Il forme souvent des masses de la grosseur de la tête, clivables suivant *m* (110) et présentant des plans de séparation suivant *p* (001); ce pyroxène contient une forte proportion d'alumine : c'est donc une augite.

Haute-Garonne. C'est probablement à un genre de gisement analogue qu'il y a lieu de rapporter un pyroxène d'un blanc laiteux provenant de Castel Vieil près Luchon, des environs du lac d'Oo, etc.; il se présente en masses lamellaires avec parfois des faces *m* (110) distinctes. Ce pyroxène, difficilement fusible au chalumeau, se trouve dans beaucoup de collections sous les noms inexacts de *wollastonite*, de *wernerite* des environs de Luchon.

b) *Contact de la lherzolite.*

On verra, à l'article *dipyre* (tome II), qu'il y a une grande analogie minéralogique entre les phénomènes métamorphiques que j'ai observés dans les calcaires secondaires au contact des lherzolites ou des ophites des Pyrénées (*B. C. F.* 4° 2. 1895). Il existe cependant des différences entre les roches métamorphiques formées dans ces conditions; dans les calcaires modifiés par les ophites, je n'ai pas constaté la production de pyroxène, minéral qui au contraire abonde dans les contacts de lherzolite.

Le pyroxène formé à proximité de la lherzolite est le plus souvent du diopside, fréquemment alumineux; il est en général peu ferrifère, vert clair ou brun noirâtre en masse, incolore en lames minces. Je l'ai

observé dans toutes les roches métamorphiques, calcaires, cornéennes, schistes micacés, qui seront étudiées plus loin (Voir *dipyre*), tantôt formant un élément *microscopique*, englobé par la biotite, le dipyre, l'amphibole (*structure pœcilitique*, plus rarement *structure pegmatoïde*), tantôt (Bois du Fajou) constituant des masses laminaires de plusieurs centimètres de côté. Celles-ci possèdent des plans de séparation faciles et de fines macles suivant p (001) et suivant h^1 (100).

Le plus souvent ces pyroxènes sont arrondis et dépourvus de formes nettes; cependant, j'ai observé des cristaux très distincts dans de petites géodes formées, dans les schistes micacés à dipyre de l'Escourgeat (forêt de Freychinède), par la dissolution de la calcite qui les remplissait originellement. Ils sont d'un vert d'herbe, allongés suivant l'axe vertical, et présentent les faces m (110), h^1 (100), g^1(010), p (001), avec parfois des faces arrondies qui paraissent être $d^{1/2}$ (111), $b^{1/2}$ $(\bar{1}11)$ et $b^{1/4}$ $(\bar{2}21)$. Les plans de séparation suivant p (001) sont fréquents, sinon constants.

c) *Dans les enclaves énallogènes de roches volcaniques.*

α) Dans les enclaves calcaires.

Plateau Central. — *Ardèche*. Le pyroxène est, avec la wollastonite et le grenat grossulaire, l'un des éléments métamorphiques constants des calcaires enclavés par les basaltes.

Fig. 30.

Lame mince de basalte renfermant une enclave de calcaire entièrement transformée en augite, disséminée dans de l'anorthite et de la thomsonite sphérolitique (48). (Nicols à 45°.)

Les gisements français que j'ai étudiés (*Les encl. des roches volc.*) sont peu nombreux : environs d'Aubenas (*Ardèche*), Gravenoire (*Puy-de-Dôme*), Essey-la-Côte (néphélinite) (*Vosges*). Ce pyroxène y forme de petits cristaux allongés suivant l'axe vertical, dont la fig. 30 donne une idée assez exacte; il est toujours *microscopique* et parfois incolore en lames minces.

β) Dans les enclaves des roches siliceuses et quartzo-feldspathiques.

Lorsqu'un fragment de quartz d'une roche quartzofeldspathique est englobé par une roche volcanique fondue (basalte, labradorite, andésite augitique, trachyte-andésite), il se forme autour d'elle une couronne de petites baguettes d'augite implantées perpendiculairement à leur paroi : elles sont englobées par le verre résultant de la fusion de l'enclave.

Quand le fragment est de petite taille, il est souvent résorbé et sa place est occupée dans la roche par un petit globule ou œillet formé par des cristaux enchevêtrés d'augite (fig. 31).

Quand les enclaves sont de taille macroscopique et qu'elles sont en partie résorbées, elles laissent dans la roche volcanique leur empreinte, sur les parois de laquelle se distinguent souvent à l'œil nu les cristaux d'augite dont il vient d'être question. Ils se présentent sous la forme d'un enduit ou d'aiguilles vert foncé. Cette variété d'augite a été appelée *porricine*. Au microscope, on constate qu'elle est d'un vert plus foncé que celle qui existe normalement dans la roche volcanique; elle se transforme fréquemment à sa périphérie en ægyrine.

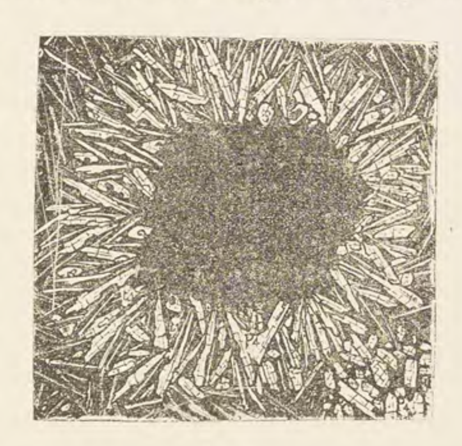


Fig. 31.
Lame mince d'une labradorite de Queyrières (H^te-Loire), montrant un grain de quartz fondu et entouré d'une couronne d'augite et de feldspath néogène. (Lumière naturelle.)

Dans les fragments de gneiss ou de granite englobés dans les trachytes ou les andésites, on trouve souvent des cristaux drusiques de pyroxènes, ce sont le plus généralement des hypersthènes; cependant, dans quelques gisements [Menet (*Cantal*)], j'ai observé de l'augite dans de semblables conditions.

Je renvoie à mon travail sur *Les enclaves des roches volcaniques* pour les multiples cas de production d'augite aux dépens de minéraux préexistants des enclaves énallogènes des roches volcaniques du Plateau Central, gisements dans lesquels l'augite est le plus souvent *microscopique*.

γ) Dans les enclaves homœogènes, comme élément néogène.

On verra aux articles *biotite*, *pyroxènes orthorhombiques* et *hornblende*, que l'augite se produit fréquemment dans les enclaves homœogènes des roches volcaniques par fusion et recristallisation de ces minéraux. Elle constitue alors des microlites allongés, groupés à axes parallèles pour former des squelettes de grands cristaux souvent orientés sur leur hôte. Ils sont mélangés à du verre et à de la magnétite. Des transformations analogues s'observent aux dépens des cristaux intratelluriques de biotite et de hornblende des roches volcaniques.

δ) Dans les enclaves de roches volcaniques.

Dans toutes les enclaves qui viennent d'être étudiées, le pyroxène constitue un élément qui n'est que rarement drusique. Dans les blocs de roches volcaniques englobées par des roches volcaniques plus récentes, au contraire, le pyroxène ne se trouve qu'en cristaux distincts formés dans les cavités. Il est inutile de revenir ici sur les considérations développées page 563 au sujet de la production de l'hypersthène dans de semblables conditions et dans les mêmes gisements.

Dans les cavités des andésites diabasiques enclavées dans le trachyte du Capucin, j'ai trouvé (*Les encl. des roches volc.* 243), en outre des cristaux de zircon, d'orthose, de tridymite et d'hypersthène connus depuis longtemps, de petits cristaux d'augite d'un vert plus ou moins clair ne se distinguant de l'hypersthène que par leurs propriétés optiques et parfois par leurs formes géométriques. Ces cristaux sont toujours aplatis suivant h^1 (100). Ils se présentent sous forme de lamelles rectangulaires p (001), m (110), h^1 (100), g^1 (010) ou de lamelles m h à pointement obtus $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), m h^1 p $e^{1/2}$ (021), m h^2 g^1 p $e^{1/2}$ $b^{1/2}$. La macle h^1 (100) est fréquente. On peut bien se représenter leurs formes, en les comparant aux figures 17, 19 et 29, dont l'aplatissement suivant h^1 (100) serait poussé à l'extrême.

Dans les trachytes et dans les andésites enclavés dans les trachytes du Riveau Grand, l'augite vert pâle ou jaune est fréquemment associée à l'hypersthène, la magnétite, l'oligiste, la sanidine et la tridymite. Le pyroxène se trouve souvent avec sanidine dans des cavités formées aux dépens de cristaux anciens de sanidine de l'enclave; il existe aussi une grande quantité d'enclaves d'un trachyte gris dont les nombreuses soufflures atteignant plusieurs centimètres de diamètre sont tapissées de hornblende brune et de biotite. J'ai trouvé parfois sur ces cristaux de

petites cupules légères formées de sanidine et de pyroxène jaune pâle.

Dans une andésite diabasique englobée par la dômite du sommet du Puy-de-Dôme, j'ai observé de jolis cristaux d'augite jaune semblables à ceux du Capucin et associés à de l'oligiste.

Au roc de Cuzeau (Mont Dore) se rencontrent des enclaves trachytiques séparées du trachyte qui les englobe par une zone miarolitique de plusieurs centimètres d'épaisseur, constituée par l'enchevêtrement de cristaux d'orthose, d'anorthose, de magnétite et d'augite d'un vert foncé présentant la forme *m* (110) h^1 (100) $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) avec aplatissement suivant h^1 (100). Ces cristaux, qui atteignent 1 à 2 ^{mm}, sont généralement transformés en ægyrine à leur périphérie.

4° *Dans les roches houillères fondues par les incendies souterrains.*

L'augite microlitique est un des éléments les plus abondants des roches produites par fusion des schistes des houillères embrasées (Voir page 531). Elle s'y présente en microlites semblables à ceux des roches volcaniques ; ils se sont produits par fusion ignée comme dans les expériences de laboratoire. Les gisements à citer sont : Cransac (*Aveyron*), Commentry (*Allier*), Épinac (*Saône-et-Loire*).

5° *Dans les schistes cristallins.*

Le pyroxène se rencontre en assez grande abondance dans les schistes cristallins. On le trouve comme accident dans les gneiss normaux ; enfin, il devient essentiel dans les éclogites et dans une catégorie de gneiss grenus souvent associés aux cipolins. Ces gneiss à pyroxène renferment parfois du dipyre ; ils ont été appelés «pyroxénites» par beaucoup de géologues. Dans la monographie de ces roches que j'ai publiée il y a quelques années (*B. S. M.* XII. 1889), j'ai proposé de réserver ce nom de *pyroxénites* aux roches de la série des schistes cristallins dépourvus de feldspath et de désigner les roches qui nous occupent sous le nom de « gneiss à pyroxène ».

Enfin le pyroxène abonde dans les cipolins eux-mêmes.

Dans les gneiss (*gneiss amphiboliques*), le pyroxène dominant est une malacolite, présentant souvent des plans de séparation suivant *p* (001), plus rarement suivant h^1 (100). Dans les gneiss à pyroxène grenus, qui, en France, se trouvent surtout à la partie supérieure de

l'étage des gneiss associés à des amphibolites et à des micaschistes feldspathisés, le pyroxène appartient soit à la malacolite, soit à des variétés d'augite pauvres en fer, en alumine et contenant un peu de soude; elles établissent le passage entre le diopside et les augites proprement dites. Ces pyroxènes sont souvent associés à la hornblende.

Les *éclogites* se trouvent au milieu des micaschistes; ce sont des roches très denses, essentiellement constituées par du pyroxène et du grenat avec de nombreux minéraux accessoires (mica, disthène, actinote, rutile, quartz, etc.); le pyroxène est de l'omphazite. Ce minéral est allongé suivant l'axe vertical, dépourvu de formes géométriques; sa couleur varie du gris au vert vif en passant par différentes nuances de vert; il possède parfois une structure fibreuse. Il est fréquemment associé à une amphibole verte (smaragdite), qui, dans les gisements français, est presque toujours secondaire. Ce pyroxène est parfois très sodique, il passe à la jadéite, et c'est certainement dans ce genre de gisement qu'il y a lieu de chercher le gîte originel de la jadéite et de la chloromélanite étudiées page 613.

Les *pyroxénites* sont très variées d'aspect : tantôt elles dérivent des amphibolites par appauvrissement graduel de la roche en hornblende, tantôt elles forment des roches tout à fait indépendantes. C'est ce qui a lieu notamment à la partie supérieure des gneiss dans la zone riche en gneiss à pyroxène grenu. A ce niveau se rencontrent parfois (Bretagne, Ardèche) des roches à omphazite tout à fait remarquables.

Dans les cipolins, on trouve tous les pyroxènes possibles, depuis le diopside dépourvu de fer jusqu'à l'hédenbergite et l'augite très ferrifère. Ils y forment parfois des cristaux de grande taille, mais ceux-ci ont toujours leurs angles arrondis et par suite les mesures précises sont impossibles.

Je ne citerai ici que les gisements présentant quelque particularité intéressante.

Bretagne. — *Côtes-du-Nord, Finistère*. Les gneiss pyroxéniques de Saint-Énogat (*Côtes-du-Nord*), de Saint-Keréobret en Saint-Fregant, de Front Pella en Guisseny, de Brundaonez en Guisseny (*Finistère*), renferment en abondance un pyroxène grenu vert clair. La fig. 32 de la page 243, représentant une lame mince de l'éclogite de Gerscao en Plounevez, montre la transformation périphérique de l'omphazite en smaragdite.

Morbihan. Il en est de même des nombreux gneiss à pyroxène des îles et des côtes du golfe du Morbihan ; quelques-uns d'entre eux sont très riches en pyroxène (Roguédas près Vannes, île d'Arz, Taulindac en Baden, etc.). Ce minéral, d'un vert plus ou moins foncé, peut même former à lui seul des masses assez considérables.

Les échantillons de cette région que j'ai examinés récemment, grâce à l'obligeance de M. de Limur, doivent être considérés comme se rapprochant plus de l'omphazite que du diopside ; ils sont, en effet, assez riches en alumine et contiennent de petites quantités de soude ; ils sont d'un vert d'herbe plus ou moins vif; leurs petites baguettes allongées constituent des roches très cristallines s'émiettant sous le choc du marteau.

Loire-Inférieure. C'est au groupe du diopside (malacolite et salite) qu'il y a lieu de rapporter les pyroxènes des cipolins de Ville ès Martin et des environs de Saint-Brévin. Ils renferment cependant fort souvent un peu d'alumine et de soude. Les plans de séparation suivant p (001) et h^1 (100) ainsi que les macles sont peu fréquents.

En attaquant par un acide une veine calcaire des gneiss à dipyre de la carrière de l'Étang près Saint-Nazaire, j'ai pu isoler de petits cristaux rectangulaires à sommets arrondis avec les faces h^1 (100), g^1 (010) dominantes, m (110), a^1 ($\bar{1}01$), $d^{1/2}$ (111), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$)[1]. Ils sont très allongés suivant l'axe vertical.

On trouve aussi quelquefois des cristaux nets microscopiques en inclusions dans le dipyre et le feldspath ; ils sont raccourcis, aplatis suivant h^1 (100) et offrent l'aspect de l'augite volcanique.

De magnifiques éclogites sont abondantes dans la Loire-Inférieure et les départements limitrophes (*Maine-et-Loire*, *Vendée*). J'ai fait voir (*Bull. Soc. nat. de l'Ouest*, I. 81. 1891) qu'elles constituent au milieu des micaschistes deux bandes (N.-E. S.-O.) : l'une au nord de la Loire [Cambon, Bouvron, Fay, Héric, Saint-Mars-du-Désert, Le Cellier ; il faut y joindre Liré (*Maine-et-Loire*), qui se trouve cependant sur la rive gauche de la Loire], l'autre au sud de la Loire [Saint-Philbert de

1. Dans mon mémoire du *B. S. M.* XII. 93. 1889, il s'est glissé une faute d'impression $b^{1/2}$ (221), qu'a relevée M. Hintze (*Handb. d. Miner.* 1066. 1893) en corrigeant par $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$) : c'est $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) qu'il faut lire. Cette rectification a été faite, du reste, dans la réimpression de mon travail (*Bull. Soc. sc. nat. de l'Ouest*, I. 181. 1891).

Grandlieu (à Chiron et Piedpain), Saint-Colombin, Saint-Étienne-de-Corcoué, et, dans la *Vendée*, Rocheservière, La Chevrottière en Saint-André-Treize-Voies]. Plus au sud, à Saint-Denis-la-Chevasse, les éclogites prennent un grand développement.

Le type le plus commun de ces roches (Chevrottière, Chiron, Bouvron, Fay) consiste en une roche composée de grenats rouges atteignant 3 ou 4^{mm} de diamètre disséminés dans de l'omphazite d'un vert clair en petites baguettes allongées ; la teinte du pyroxène est plus ou moins foncée suivant les échantillons (ouralitisation). La roche est rubanée, mais non fissile, très tenace et très homogène; seule la dimension des éléments constituants est variable. A Fay et au Cellier se trouve une variété dans laquelle le grenat forme des cristaux nets b^1 (110); le pyroxène est d'un vert bleuâtre. Dans certains échantillons du Cellier, la roche est compacte et renferme des masses ou des cristaux porphyroïdes de pyroxène vert foncé, de muscovite et d'amphibole.

Enfin, à Piedpain en Saint-Philbert de Grandlieu, l'éclogite est à grands éléments, les grenats en cristaux b^1 très nets atteignent 1^{cm} de diamètre et sont englobés dans une masse de pyroxène et de zoïsite lamellaire d'un blanc grisâtre. Quant à celle de Saint-Denis-la-Chevasse, elle présente les plus grandes analogies avec l'éclogite bien connue de la Saualp.

Ces éclogites sont fréquemment associées à des amphibolites ; il y a rarement des passages entre ces deux roches. En outre des minéraux qui viennent d'être énumérés, l'examen microscopique permet de déceler dans les éclogites de cette région le disthène, la muscovite, le rutile, l'ilménite, le sphène, l'épidote, l'amphibole, l'apatite, le quartz et parfois des feldspaths.

J'ai signalé plus haut les intéressants phénomènes de transformation en amphibole des pyroxènes de ces éclogites bretonnes. Pour plus de détails, je renvoie à mon mémoire précité, qui renferme des planches.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. Tous les cipolins du Labourd renferment du pyroxène plus ou moins ferrugineux en petits grains arrondis. Dans le tunnel de Cambô, j'ai recueilli des pyroxénites formées par un diopside laminaire gris ou vert clair. Dans ses cavités se sont formés de beaux cristaux de diverses zéolites.

Hautes-Pyrénées. Du pyroxène laminaire ou grenu se rencontre à la montée du lac Bleu (massif du pic du Midi de Bigorre) dans les cipolins et les gneiss ; il est associé à de l'épidote et à de l'amphibole.

Ariège. C'est sous la forme grenue que le pyroxène se trouve dans tous les cipolins de l'Ariège (massif du Saint-Barthélemy, Arnave, Cazenave, etc), du pic des Trois-Seigneurs, du sud d'Ax.

Dans les cipolins de la montée du lac Naguille coupés par le sentier au-dessus de la traversée du ruisseau de Gnoles, j'ai trouvé en grande abondance un pyroxène incolore ou blanc laiteux avec parfois une teinte verdâtre. Il forme des masses lamellaires très allongées suivant l'axe vertical, dans les cavités desquelles se présentent fréquemment des cristaux à faces arrondies.

Pendant la mise en pages de cette feuille, j'ai pu isoler cependant quelques cristaux ou fragments de cristaux : dans la zone verticale, ils présentent les formes m (110), g^1 (010), h^2 (310), h^1 (100), cette face étant parfois très développée. Ils sont terminés par $d^{1/2}$ (111) et a_2 ($\bar{3}12$) très larges, avec en outre $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$), p (001), a^1 ($\bar{1}01$), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$).

Les plans de séparation suivant p (001) sont fréquents. Ce pyroxène est un diopside dépourvu de fer, ne contenant que des traces d'alumine.

A Cabre, près Vicdessos, on exploite, sur le bord de la route, une roche curieuse presque essentiellement constituée par de l'épidote. Elle appartient à une série de couches que l'on doit peut-être considérer comme des assises paléozoïques métamorphisées par le granite plutôt que comme des gneiss. J'ai recueilli dans une vieille carrière des blocs de plus d'un mètre cube entièrement constitués par des masses de pyroxène laminaire gris verdâtre à éléments atteignant un décimètre (diopside peu alumineux et peu ferrifère) : il est très allongé suivant l'axe vertical; des cristaux à formes déterminables se trouvent parfois engagés dans du quartz : ils présentent la forme de la fig. 17, avec, parfois, en outre, la face a^1 ($\bar{1}01$) autant développée que p (001) : les faces m (110) sont tantôt larges, tantôt absentes ; dans ce dernier cas les cristaux sont lamellaires suivant h^1 (100).

Plateau Central. — *Ardèche*. Aux environs de Saint-Félicien et sur le chemin conduisant à un moulin, se rencontre, au milieu des gneiss normaux, un gneiss grenu à pyroxène tout à fait comparable à ceux de Bretagne; il est à grands éléments. Le pyroxène en grains arrondis est souvent englobé par l'anorthite (structure pœcilitique).

Les environs de Saint-Félicien fournissent, en outre, des pyroxènes verts très analogues à l'omphazite de l'île d'Arz (*Morbihan*) ; ils sont

ferrifères, un peu alumineux et sodiques. Ils constituent de grosses masses schisteuses, formées par de petits cristaux allongés suivant l'axe vertical et dépourvus de formes géométriques. Les échantillons que j'ai étudiés m'ont été obligeamment donnés par le frère Euthyme.

Puy-de-Dôme. Un gneiss pyroxénique à anorthite analogue à celui de Saint-Félicien se rencontre à Saint-Clément (voir *anorthite*). M. Gonnard m'a signalé une éclogite à la côte de la Pinnatelle près Ardes.

Loire, Rhône. A Duerne (*Rhône*), à Saint-Denis-le-Courreau et près de Montbrison (*Loire*) se trouvent aussi des gneiss grenus très pyroxéniques. Ceux du dernier de ces gisements ont été trouvés, par M. de Chaignon, en blocs épais dans les champs bordant la route de Montbrison à Bar : la structure pœcilitique y est remarquablement nette.

Alpes. — *Massif du mont Blanc.* — *Haute-Savoie.* Des éclogites se rencontrent au milieu des amphibolites du massif du mont Blanc (Trient, Greppau) (voir Duparc et Mrazec, *Arch. Soc. ph. et nat. Genève*, XXX. 1893).

Algérie. — *Constantine.* Les gneiss schisteux du massif de l'Edough près Bône renferment des intercalations de pyroxénites très tenaces associés à des minerais de fer (magnétite) dont la situation stratigraphique a été étudiée par M. Parran (*B. S.G.* XI. 503. 1883). Berthier avait reconnu que cette roche est constituée par un mélange de grenat et d'un pyroxène ferrifère (*A. M.* II. 493. 1842); il la considérait comme une lherzolite grenatifère (la lherzolite étant alors regardée comme du pyroxène en roche) et c'est sous ce nom que je l'ai trouvée dans plusieurs collections. H. Fournel (*Richesse minérale de l'Algérie.* Paris, 1849) lui conserva ce nom.

Coquand (*Mém. Soc. géol.* V. 39. 1854) a donné l'analyse *b*) et montré que ce pyroxène devait être rapporté à l'hédenbergite. Ce minéral est d'un vert foncé légèrement pléochroïque en lames minces ; il est associé à du grenat rouge, à de la hornblende.

Madagascar. — Les gneiss amphiboliques, les amphibolites et les cipolins de l'Imérina paraissent riches en pyroxène. Les cipolins de la même région renferment un diopside peu ou pas ferrugineux et inco-

lore. J'ai trouvé ce minéral dans un échantillon provenant d'Ibity que je dois à la bienveillance de M. Grandidier. Le diopside y présente des altérations serpentineuses.

Le même minéral forme de grosses masses saccharoïdes blanches dans des cipolins recueillis par M. Catat et conservés au Muséum sans indication précise de gisement. Ce pyroxène d'un beau blanc ne se distingue pas, au premier abord, de la calcite qui l'accompagne. C'est un diopside dépourvu de fer et ne contenant que des traces d'alumine. D'après les autres échantillons de la même collection, il semble probable qu'il provient soit des gisements situés au sud de Tananarive, soit des environs d'Ambohimanga Atsimo (capitale des Tanalas soumis). Ces échantillons renferment de la trémolite, qui existe en abondance dans ce dernier gisement.

Au sud de l'île et au N.-O. de Fort Dauphin, M. E. Gautier a recueilli au col de Helakelaka des cipolins associés à des gneiss à pyroxène. Le pyroxène est un diopside très ferrifère qui forme, dans les cipolins, des cristaux globuleux arrondis, rappelant la *coccolite* d'Arendal; il constitue aussi des masses lamellaires. Dans les gneiss à pyroxène il est associé à de la scapolite, de la wollastonite; tous ces minéraux sont moulés par de l'orthose.

4° *Dans les scories de diverses opérations industrielles.*

Le diopside se produit fréquemment dans les fours des verreries; il se présente parfois alors en énormes cristaux d'un beau blanc très allongés suivant l'axe vertical. Plus rarement, on le trouve dans les incuits des fours à chaux en masses cristallines à structure miarolitique dont les cavités sont hérissées de cristaux [cristaux jaunes (m (110), h^1 (100), g^1 (010), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$)) accompagnant la mélilite dans des résidus de fours à chaux d'Arthon (*Loire-Inférieure*)].

M. Vélain a signalé l'augite dans des produits de fusion d'un four à chaux de Saint-Jean-Pied-de-Port (*Basses-Pyrénées*); la roche artificielle qui renferme ce minéral possède la composition et la structure d'une labradorite; elle est très analogue à celle des roches provenant des houillères embrasées de Commentry et étudiées page 531.

Enfin l'augite se rencontre aussi dans les scories de hauts fourneaux, mais plus rarement que la fayalite.

ÆGYRINE

Na Fe‴ Si² O⁶

Monoclinique. $mm = 87°4'$.

$b : h = 1000 : 404,720$. $D = 673,501$. $d = 739,187$.

angle plan de $p = 84°40'32''$;

angle plan de $m = 102°22'29''$.

[$a : b . c = 1,09753 : 1 : 0,60092$. (Brögger.)
$zx = 73°9$.]

Formes observées. m (110), h^1 (100), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$).

Les cristaux d'ægyrine dont j'ai à m'occuper ici sont microscopiques ; je n'ai pu mesurer que des angles plans, très voisins de ceux de l'augite.

La forme primitive adoptée est celle qui a été proposée par M. Brögger : elle diffère de celle adoptée par M. des Cloizeaux (*op. cit.* I.) en ce que p (001) = a^1 ($\bar{1}01$) (Dx.) et $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) = e^1 (011) (Dx.). Les faces de la zone prismatique conservent la même notation.

Macles. Macles h^1 (100).

Faciès des cristaux. Les cristaux d'ægyrine sont allongés suivant l'axe vertical et quelquefois aplatis suivant h^1 (100).

Clivages. Clivages m (110) plus faciles que dans l'augite, parfois assez facile suivant g^1 (010) : plans de séparation parallèles à p (001).

Dureté. 6 à 6,5.

Densité. 3,5 à 3,55.

Coloration. Vert foncé. L'intensité de la coloration en lames minces est variable. L'ægyrine des granulites de Corse est d'un vert pâle, celle des gisements volcaniques du Plateau Central est d'un vert foncé.

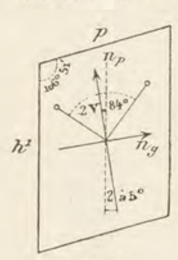


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

Éclat vitreux ou peu résineux. Transparente en lames minces.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). La bissectrice aiguë *négative* n_p fait un angle très faible (5° en moyenne) avec l'axe vertical dans l'angle obtus de ph^1 (001) (100) (Brögger). $\rho < v$.

Pour l'ægyrine de Norwège, M. Wülfing a obtenu :

	Na	Tl
n_g =	1,8126	1,8238
n_m =	1,7990	1,8096
n_p =	1,7630	1,7714
$n_g - n_p$ =	0,0486	0,0524
2 V =	62°13′	61°44′

Mesure directe (Ml et Lx) pour la lumière blanche : 0,051 à 053.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est intense même en lames minces et d'autant plus grand que le minéral est plus coloré : dans les ægyrines françaises on observe :

n_g = vert jaune ;
n_m = vert olive ;
n_p = vert d'herbe foncé.

Composition chimique. La composition théorique exigée par la formule donnée plus haut est la suivante :

SiO^2......	52,0
Fe^2O^3.....	34,6
Na^2O	13,4
	100,0

Il existe toujours de la chaux et de la magnésie et souvent du protoxyde de fer.

Essais pyrognostiques. Facilement fusible en un globule noir magnétique en colorant la flamme en jaune foncé. Faiblement attaquée par les acides.

Diagnostic. L'ægyrine ne peut être confondue qu'avec les pyroxènes verts ; elle s'en distingue par sa facile fusibilité, sa densité plus élevée et surtout par ses propriétés optiques : angle très faible d'extinction, signe négatif de son allongement et biréfringence élevée.

Elle a été confondue longtemps avec l'amphibole ; l'angle des clivages et les propriétés optiques constituent un bon caractère distinctif de ce minéral.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'ægyrine n'est pas très rare en France ; elle se rencontre dans les quatre genres de gisements suivants :

1° Dans les granulites sodiques ;

2° Dans les syénites néphéliniques ;

3° Dans les phonolites, dans leurs enclaves homœogènes et dans celles des trachytes;

4° Dans les enclaves énallogènes des roches volcaniques.

1° *Dans les granulites sodiques.*

Corse. — Je dois à l'obligeance de M. Nentien la communication d'aplites à riebeckite, riches en ægyrine; elles proviennent du Haut-Niolo près du village de Calasima, des Calangues de Piana, etc. (Voir à *riebeckite*). L'ægyrine y forme de petits cristaux atteignant un ou deux millimètres; ils se distinguent, à l'œil nu, par leur couleur vert clair, de la riebeckite noire qu'ils accompagnent. En lames minces on constate que leur couleur est le vert très clair. Ils présentent, avec la riebeckite, des associations intimes qui sont décrites plus loin.

2° *Dans les syénites néphéliniques.*

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. L'ægyrine, qui est le pyroxène dominant des syénites néphéliniques de beaucoup de régions, ne se trouve que comme élément accessoire dans celles de Pouzac; elle n'y constitue même pas de cristaux indépendants, mais elle forme la partie périphérique de l'augite.

3° *Dans les phonolites, dans leurs enclaves homœogènes et dans celles de quelques trachytes.*

Plateau Central. — *Haute-Loire*. Les phonolites néphéliniques sont surtout abondantes dans les massifs du Mézenc et du Mégal (Termier *B.C.F.* n° 13, et Boule : *B. C. F.* n° 28. 153. 1892). L'ægyrine y forme l'extérieur de grands cristaux d'ægyrinaugite et surtout des microlites accompagnant ou remplaçant ce dernier pyroxène. Ces microlites moulent souvent la néphéline et même le feldspath; ils sont fréquemment accompagnés de låvenite.

L'ægyrine est fréquente en grands cristaux dans les enclaves grenues de la phonolite du Pertuis, enclaves ayant la composition et la structure des syénites néphéliniques. L'ægyrine n'a souvent pas de formes propres; elle est alors postérieure à l'orthose, avec laquelle elle se dispose sous forme ophitique.

Madagascar. — L'ægyrine abonde dans la phonolite néphéli-

nique de Diego-Suarez et y présente les mêmes particularités que dans celles du Mézenc.

4° *Dans les enclaves des roches volcaniques.*

Dans mon mémoire sur les enclaves des roches volcaniques, j'ai fait remarquer que l'augite qui se forme dans des enclaves énallogènes (granite, gneiss, quartz, etc.) des roches volcaniques les plus variées (basalte, andésite, trachyte, etc.) ou autour d'elles est souvent verte sur les bords et plus ou moins transformée en ægyrine.

Dans les enclaves des phonolites, l'ægyrine est le minéral qui se présente le plus fréquemment en cristaux pouvant atteindre un millimètre [Valette près Trizac (*Cantal*), Pertuis (*Haute-Loire*)].

Tout récemment, M. Gonnard m'a communiqué des fragments de phonolite de Montcharret en La Prade (*Haute-Loire*), renfermant des cavités produites par la résorption d'enclaves. On y voit de petits cristaux d'ægyrine d'un vert noir avec des formes très nettes *m* (110), h^1 (100), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$); ils sont aplatis suivant h^1 (100) et accompagnés de sphène, de quartz, de chabasie, etc. J'ai trouvé des aiguilles d'ægyrine analogues dans les druses des enclaves des granulites des trachytes de Menet (*Cantal*).

JADÉITE

$Na\ Al\ Si^2\ O^6$

Monoclinique. *mm* = 85°20′ (Dx.).

M. Arzruni considère la jadéite comme triclinique (*Z. f. Ethnol.* 1883. 186), en se basant sur l'inégale facilité des clivages prismatiques et sur les propriétés optiques (voir plus loin); les échantillons que j'ai examinés me paraissent monocliniques ; la question est, du reste, difficile à trancher, le minéral ne se présentant qu'en masses fibreuses grenues ou compactes.

Clivages. *m* (110). Plans de séparation difficiles suivant h^1 (100) (Dx).

Dureté. 6 à 7. Très tenace.

Densité. 3,3 à 3,5. M. Damour a donné (*C. R.* LXI. 336. 1865) la densité d'un grand nombre de haches en jadéite trouvées en France.

Coloration et éclat. Incolore, blanc jaunâtre ou verdâtre, vert clair, vert émeraude.

Éclat vitreux faible, un peu nacré suivant le clivage. Translucide, transparente en lames minces.

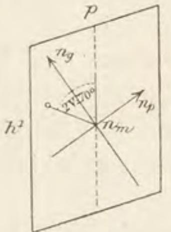


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). La bissectrice aiguë *positive* fait un angle de 31° à 35° avec l'axe vertical.

$$2\ \mathbf{V} = 70^\circ \text{ environ avec } \rho > v.$$
$$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0{,}029.$$

D'après M. Arzruni, l'extinction des sections perpendiculaires à l'axe vertical serait très dissymétrique et le minéral par suite triclinique.

Composition chimique.

a) Composition correspondant à la formule $Na\ Al\ Si^2\ O^6$;

b) Analyse d'une hache en jadéite du Morbihan, par M. Damour (*C. R.* LXI. 360. 1885);

c) Analyse d'une hache en jadéite de la forêt de Sénart (*Seine-et-Oise*) (id.);

d) Analyse d'une hache en jadéite vert d'herbe provenant de France, sans indication plus précise, par M. Damour (*B. S. M.* IV. 161. 1881).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)
SiO^2......	59,4	58,62	58,92	57,99
Al^2O^3.....	25,2	21,77	18,98	20,61
Na^2O.....	15,4	11,64	11,05	9,42
CaO......	»	3,85	6,04	4,89
MgO......	»	2,23	4,33	3,33
FeO......	»	1,86	0,98	2,84[1]
MnO	»	0,28	»	1,50[2]
	100,0	100,25	100,30	100,58
Densité	»	3,344	3,352	3,16

Il y a lieu de faire remarquer que les haches étudiées n'étaient peut-être pas tout à fait homogènes et que les variations de composition indiquées par les analyses données ci-dessus peuvent ainsi s'expliquer.

Essais pyrognostiques. Facilement fusible au chalumeau en un verre

1. Fe^2O^3. — 2. K^2O.

jaune ou grisâtre demi-transparent. Non attaqué par les acides. Après fusion, le minéral, réduit en poudre impalpable et mis en digestion à + 70° avec de l'acide chlorhydrique, s'attaque complètement avec résidu de silice pulvérulente. Cette propriété a été utilisée par M. Damour pour l'analyse du minéral (*B. S. M.* XVI. 59. 1893).

Diagnostic. La jadéite se distingue facilement du jade (trémolite ou actinote compacte) par sa densité plus forte, sa fusibilité plus grande, par l'angle de ses clivages et ses propriétés optiques.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La jadéite n'a jamais été rencontrée *in situ* en Europe, bien qu'on l'ait citée en divers points, et notamment au mont Viso, d'après des échantillons conservés dans des collections.

Par contre, elle existe en abondance sur le sol français sous forme de haches de l'époque de la pierre polie.

M. Damour, qui a décrit le premier la jadéite en la distinguant du jade (*C. R.* LVI. 861. 1863, LXI. 364. 1865, *B. S. M. op. cit.*), a cité un grand nombre de localités ayant fourni des haches en jadéite; elles sont distribuées dans toute la France et particulièrement dans le Morbihan.

Comme ce minéral n'est connu en place que dans le Thibet et la Birmanie, on comprend quelles questions importantes soulève au point de vue ethnographique l'absence de la jadéite dans notre pays et quel intérêt il y aurait à en découvrir des gisements.

Il semble que cette recherche doive être faite particulièrement dans les régions gneissiques. En effet, dans la Loire-Inférieure et notamment à Fay, il existe des éclogites renfermant des pyroxènes vert clair sodiques (omphazites), dont M. Damour a donné l'analyse déjà citée page 578 :

SiO^2	54,53
Al^2O^3	14,25
Fe^2O^3	3,29
MgO	7,50
CaO	12,40
Na^2O	6,21
H^2O	traces
	98,18
Densité	3,31

Cette composition est un peu différente de celle de la jadéite, mais

il n'est pas bien sûr que le pyroxène analysé ait été parfaitement pur. Ce minéral est très fusible et il présente avec la jadéite une analogie suffisante pour qu'on puisse supposer qu'il établit un passage entre la jadéite et l'omphazite.

CHLOROMÉLANITE

Ce nom a été donné par M. Damour (*C. R.* LXI. 364. 1865) à une substance d'un vert foncé presque noir constituant de nombreuses haches de la période de la pierre polie. Elle forme l'élément prédominant d'éclogites, car très souvent elle englobe des grenats rouges, qui suivant leur abondance font osciller la densité des échantillons entre 3,35 et 3,60.

Les analyses suivantes montrent que la chloromélanite est une jadéite très ferrugineuse. Elle en possède, du reste, toutes les propriétés optiques.

Analyses, par M. Damour, de haches en chloromélanite trouvées :

a) à Excideuil (*Dordogne*) (*C. R.*, *op. cit.*) ;

b) à Mané-er-h'roek (*Morbihan*) (id.) ;

c) à Lyon (*B. S. M.* XVI. 58. 1893) ;

d) à Carcassonne (id.).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)
SiO^2.....	56,40	56,12	56,00	57,75
TiO^2....	»	0,19	»	»
Al^2O^3....	14,76	14,96	13,19	14,85
Fe^2O^3....	3,27	3,34	13,90	9,52
FeO.....	6,06	6,54	»	»
MnO.....	0,66	0,47	»	»
CaO.....	5,49	5,17	3,71	3,15
MgO....	1,82	2,79	1,88	1,84
Na^2O....	11,20	10,99	10,75	11,76
K^2O.....	traces	»	»	»
	99,66	100,57	99,43	98,87
Densité	3,413	3,410	3,43	3,40

La chloromélanite, fréquente dans de nombreux points de la France, n'a pas encore été trouvée en place. On peut faire au sujet de son gisement probable la même observation que pour la jadéite.

TRIPHANE

Li Al Si² O⁶

Monoclinique. *mm* = 87° (Dx).
$b : h = 1000 : 422{,}44$. D = 664,756. $d = 747{,}06$.
angle plan de p = 83°19′38″
angle plan de m = 105° 2′45″

$$\left[\begin{array}{c} a : b : c = 1{,}12381 : 1 : 0{,}63548 \\ z\,x = 69°40' \end{array}\right]$$

Macles. Macle suivant h^1 (100).

Faciès. Le triphane dont il est parlé plus loin ne présentait aucune forme géométrique.

Clivages. Clivage facile suivant m (110), moins facile suivant g^1 (010); plans de séparation suivant h^1 (100).

Dureté. 6 à 7. Fragile.

Densité. 3,1 à 3,2.

Coloration et éclat. Blanc, blanc laiteux, jaune plus ou moins verdâtre, vert émeraude (*hiddenite*), rose.

Éclat vitreux, un peu nacré sur le clivage facile. Transparent ou translucide.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). La bissectrice aiguë *positive* (n_g) fait un angle d'environ 26° avec l'axe vertical dans l'angle obtus ph^1 (001) (100).

2 V = 60° environ
n_g = 1,676 Ml et Lx (Na) (Brésil);
n_m = 1,666;
n_p = 1,660;
$n_g - n_p$ = 0,016.

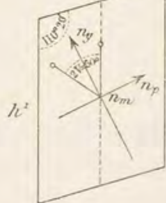


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

Pléochroïsme. Pléochroïsme très faible dans les cristaux épais.

Composition chimique. La formule donnée plus haut correspond à la composition suivante :

SiO^2...... =	64,5
Al^2O^3..... =	27,4
Li^2O .... =	8,1
	100,0

Une petite quantité de lithine est généralement remplacée par de la soude.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau blanchit, devient opaque, se brise, puis fond en un verre incolore ou blanc et colore la flamme en rouge pourpre (Li). La présence de la lithine peut être mise en évidence d'une façon très nette en fondant le minéral dans un creuset de platine avec un mélange de bisulfate de potassium et de fluorine.

Inattaquable par les acides.

Altérations. MM. Brush et Dana ont décrit (*Amer. J. of Sc.* XX. 257. 1880) de remarquables altérations de triphane. Le minéral se transforme d'abord en une masse fibreuse composée par une association micropegmatoïde d'*eucryptite* et d'*albite*. Quand l'altération est poussée plus loin, l'eucryptite se transforme en muscovite; ce produit d'altération a été décrit sous le nom de *cymatolite*. Ces transformations peuvent se représenter par les équations suivantes; elles s'expliquent par le remplacement de Li par Na ou K.

$$\underset{\text{triphane}}{2\,(Li\,Al\,Si^2\,O^6)} = \underset{\text{eucryptite}}{Li\,Al\,Si\,O^4} + \underset{\text{albite}}{Na\,Al\,Si^3\,O^8}$$

$$= \underset{\text{muscovite}}{(K\,H)\,Al\,Si\,O^4} + \underset{\text{albite}}{Na\,Al\,Si^3\,O^8}$$

$$+ \underset{\text{microcline}}{K\,Al\,Si^3\,O^8}$$

Diagnostic. La présence de la lithine permet aisément de distinguer le triphane des autres pyroxènes.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Madagascar.—Le triphane est un minéral des granulites et des pegmatites. M. Damour a trouvé des fragments transparents de triphane rougeâtre dans un lot de béryl rose, de quartz et de tourmaline provenant de Farafatrana sur la côte orientale de l'île (*B. S. M.* IX. 154. 1886).

ANNEXE AUX PYROXÈNES MONOCLINIQUES

WOLLASTONITE

$CaSiO^3$

Monoclinique. $mm = 95°35'$ (Dx).
$b : h = 1000 : 801,113.$ $D = 719,063.$ $d = 694,944.$

angle plan de $p = 91°57'16''$
angle plan de $m = 103°53'\ 4''$

$$\left[\begin{array}{c} a : b : c = 0,96646 : 1 : 1,11411 \\ z\ x = 69°48' \end{array}\right]$$

Beaucoup d'auteurs, et en particulier vom Rath, MM. Dana, Hintze, ont pris une forme primitive différente, telle que :

p (001) devient h^1 (100);
$a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) — p (001);
e^1 (011) — m (110).

Faciès des cristaux. Je n'ai observé, dans aucun gisement français, de cristaux distincts de wollastonite; ce minéral y forme des masses fibreuses ou fibrolamellaires allongées suivant ph^1 (001) (100).

Macles. Macles parallèles à p (001).

Clivages. Clivage facile suivant p (001), $o^{1/2}$ (201), h^1 (100), moins facile suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$). Cassure inégale.

Dureté. 4,5 à 5. Fragile.

Densité. 2,8 à 2,9.

Coloration. Blanche, grise, rarement jaune ou rougeâtre. Éclat vitreux, nacré sur les lames de clivage. Translucide, transparente en lames minces.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). La bissectrice aiguë *négative* n_p fait un angle de 78° avec h^1 (100) dans l'angle obtus ph^1 (001)(010). Dispersion des axes faible, avec dispersion inclinée.

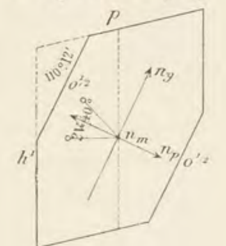


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

$n_g = 1,635$ Ml et Lx (Cziklowa) (Na);
$n_m = 1,633$;
$n_p = 1,621$;
$n_g - n_p = 0,014$.
$2E = 73°$ environ; $V = 40°$ environ.

Composition chimique. La composition théorique de la wollastonite est donnée en *a*);

b) Analyse de la wollastonite de la mine des Argentières (Lx).

	a)	*b*)
SiO^2.......	51,75	51,42
CaO.......	48,25	47,88
MgO.......	»	0,25
FeO.......	»	0,50
	100,00	100,05

Essais pyrognostiques. Fusible au chalumeau, cristallise par refroidissement. Attaquée par les acides en faisant gelée.

Altérations. La wollastonite est fréquemment plus ou moins transformée en calcite.

Diagnostic. La wollastonite fibreuse ou fibrolamellaire se distingue de la trémolite par ses clivages et sa facile attaque par les acides. Les propriétés optiques sont très caractéristiques : allongement habituel suivant ph^1 (001) (100) transversal au plan des axes optiques; extinction longitudinale, dans la zone d'allongement de signe variable; biréfringence et écartement des axes faibles.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La wollastonite se rencontre dans divers modes de gisements. Je l'ai observée dans les suivants :

1° Dans les calcaires sédimentaires métamorphisés au contact des roches éruptives;

2° Dans les enclaves calcaires de roches volcaniques;

3° Dans les gneiss à pyroxène.

1° *Dans les calcaires sédimentaires métamorphisés au contact des roches éruptives.*

Tous les gisements de ce genre que j'ai à signaler se trouvent dans les Pyrénées. La wollastonite s'y rencontre exclusivement au contact du granite et de la granulite. Je ne l'ai jamais rencontrée dans les calcaires secondaires métamorphisés par la lherzolite et les ophites.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. La wollastonite n'est pas rare au pic de Péguères de Cauterets. J'ai pu voir, l'année dernière, le contact immédiat du granite et des calcaires à grenat et idocrase décrits pages 222 et 163. Il a lieu au-dessus de la Glacière, dans la partie horizontale du chemin forestier en voie de construction. La wollastonite se recueille plus facilement en blocs éboulés dans le cône de déjection de la Glacière. Elle forme des masses compactes ou fibrolamellaires, blanches, à éclat nacré, souvent mélangées de grenat, de pyroxène et parfois d'idocrase verte. La wollastonite se trouve plus rarement disséminée dans le calcaire. Le même minéral se rencontre dans les contacts granitiques des pics d'Arbizon et de Montfaucon : il a été trouvé en blocs éboulés à Héas.

Haute-Garonne. Aux environs de Bagnères-de-Luchon, M. Gourdon a trouvé des masses fibrolamellaires de wollastonite.

Ariège. Sur le versant ouest du port de Saleix (mine des Argentières), j'ai recueilli des masses fibrolamellaires du même minéral (*B. S. M.* XII. 524. 1889) pesant plusieurs kilogrammes. Cette wollastonite accompagne le grenat et l'idocrase dans les calcaires paléozoïques métamorphisés par le granite.

La wollastonite est rare dans les contacts granitiques du port de Paillières, du pic de Ginevra et du roc Blanc dans le canton de Quérigut.

2° *Dans les enclaves des roches volcaniques.*

Dans mon mémoire sur les enclaves des roches volcaniques, je n'ai décrit que peu d'échantillons de calcaires englobés par des roches volcaniques françaises. Tous renferment de la wollastonite *microscopique* associée à du grenat et du pyroxène (*op. cit.* 145).

Plateau Central. — *Ardèche*. Les basaltes d'Aubenas sont, par places, riches en petites enclaves anguleuses de calcaire qui ont été

entièrement silicatées; la wollastonite et le pyroxène y sont accompagnés d'anorthite.

Ces enclaves sont riches en zéolites secondaires (mésotype et thomsonite).

Puy-de-Dôme. Dans des enclaves calcaires de Gravenoire près Clermont, j'ai observé une formation analogue de wollastonite et de grenat.

Vosges. — *Vosges.* Dans les enclaves calcaires (calcaires à gryphées), la wollastonite est accompagnée de pyroxène, de magnétite, d'anorthite et de scapolite.

2° *Dans les gneiss à pyroxène.*

Bretagne. — *Morbihan.* Les gneiss à pyroxène de Roguédas près Vannes renferment de beaux échantillons de wollastonite fibreuse (fig. 2)

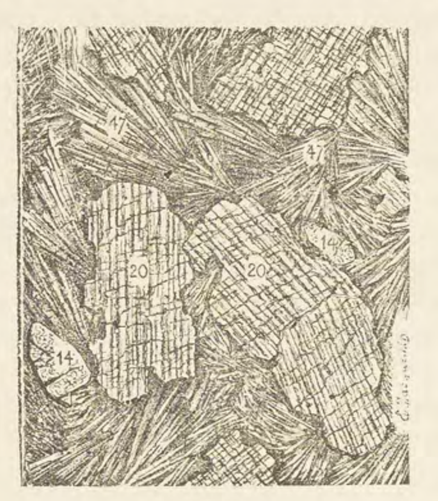


Fig. 2.
Lame mince du gneiss à pyroxène de Roguédas. L'anorthite a été entièrement transformée en wollastonite (47), qui entoure du pyroxène (20) et du sphène (14).

qui, en partie du moins, s'est formée aux dépens de l'anorthite de la roche (W. Cross : *Tscherm. Min. Mittheil.* N. F. III. 374. 1881; Lx : *B. S. M*, XII. 1889).

Plateau Central. — *Ardèche.* C'est dans les mêmes conditions que la wollastonite se rencontre à Saint-Félicien, dans le gneiss à pyro-

xène qui est coupé par un petit chemin conduisant à un moulin (les beaux échantillons peuvent être recueillis dans les murs). La wollastonite y forme des fibres dépassant 5^{cm}. Il est possible qu'une partie au



Fig. 3.
Lame mince du gneiss pyroxénique de Saint-Clément, riche en wollastonite (47) accompagnant l'anorthite (8), le pyroxène (20), le sphène (14) et la calcite. Ce dernier minéral enveloppe la wollastonite. (Lumière polarisée.)

moins de cette wollastonite soit primordiale et formée directement dans le calcaire dont le gneiss à pyroxène est le produit de transformation complète.

Puy-de-Dôme. La wollastonite du gneiss à pyroxène de Saint-Clément (voir à *anorthite*, Tome II) est tout à fait identique à celle de Saint-Félicien comme aspect et comme mode de formation (fig. 3).

Madagascar. — J'ai trouvé de la wollastonite dans les calcaires et dans les gneiss à pyroxène recueillis par M. E. Gautier au col de Helakelaka, au N.-O. de Fort-Dauphin. La wollastonite y est postérieure à la scapolite et au pyroxène; elle est englobée par de l'orthose sodique.

Ca Si O³ ARTIFICIELS.

Dans les verreries, on constate fréquemment la formation de produits cristallisés dont la composition est celle de la wollastonite. Ils sont distribués d'une façon quelconque dans le verre, formant une sorte

de roche d'un blanc de lait ou sont agrégés pour former des sphérolites très réguliers dépassant parfois un décimètre de diamètre. Ils sont régulièrement fibreux du centre à la périphérie.

Ces produits peuvent être rattachés à deux espèces : l'une est la *wollastonite* présentant les propriétés de la wollastonite naturelle (elle est plus fréquente, au moins dans les produits des verreries françaises, que ne semblent le croire les auteurs qui ont écrit récemment sur ce sujet); l'autre (*pseudowollastonite*) est un produit dimorphe de la wollastonite, hexagonal ou pseudohexagonal. Ce dernier minéral est aplati suivant la base et présente souvent des groupements cristallitiques à symétrie hexagonale rappelant ceux de la neige. Les sections perpendiculaires à la base montrent une série de baguettes très biréfringentes à axes parallèles simulant le squelette d'un grand cristal. Le minéral est noyé dans un excès de verre; il se présente parfois en cristaux libres dans les cavités du verre.

La pseudowollastonite est à un axe *positif*; on constate parfois, en lumière convergente, une légère dislocation de la croix noire.

La biréfringence maximum est élevée et voisine de celle de la muscovite; ce caractère permet aisément de distinguer cette substance de toutes celles qui l'accompagnent.

Ce minéral a été pour la première fois reproduit par M. Bourgeois (*B. S. M.* V. 13. 1882). Il a été beaucoup étudié depuis par MM. Doelter et H. J. Vogt.

Il se forme dans toutes les verreries; j'en ai observé de beaux exemples dans des produits provenant de celles d'Aniches (*Nord*), de Saint-Gobain (*Aisne*), de Givors (*Rhône*), etc.

J'ai observé le même minéral avec diopside et mélilite dans les incuits d'un four à chaux à Arthon en Retz (*Loire-Inférieure*), dans des scories produites par la fusion des parois du fourneau d'une machine à vapeur chauffée au bois (Paris, rue Broca). Dans ces dernières, le silicate de chaux est associé à un minéral qui paraît être de la *babingtonite*.

LÅVENITE

$(Mn, Ca, Fe)(O, F)ZrNa(SiO^3)^2$

Monoclinique. $mm = 88°24'$.

$b : h = 1000 : 500,443$. $D = 699,833$. $d = 767,327$.

angle plan de $p = 84° 22' 11''$

angle plan de $m = 104° 51' 7''$

[$a : b : c = 1,0963 : 1 : 0,71509$ (Brögger)

$z\,x = 69°42'$]

Macles. Macle suivant h^1 (100) fréquente, semblable à celle des pyroxènes.

Faciès des cristaux. Je n'ai observé la låvenite que comme élément *microscopique* de roches. Les cristaux sont allongés suivant l'axe vertical et souvent cristallitiques. Ils se présentent dans les lames minces sous la forme de baguettes à axes parallèles, réunies par des anastomoses irrégulières. Dans les quelques cas où j'ai pu observer des formes distinctes, les cristaux avaient des pointements obtus semblant être constitués par les faces $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$).

Clivages. Clivage h^1 (100).

Dureté. 6.

Densité. 3,5.

Coloration. Brun rouge plus ou moins foncé, jaune clair ou même incolore (variété riche en sodium ainsi qu'en calcium et pauvre en manganèse). Éclat vitreux, translucide.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). La bissectrice aiguë *négative* n_p fait avec l'axe vertical dans l'angle aigu $p\,h^1$ (001) (100) un angle d'environ 20°. Dispersion très faible.

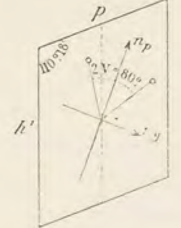


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

$2V = 79°46'$ $\quad n_m = 1,750$ Brögger (Na) ;

$n_g - n_p = 0,03$ (Ml et Lx).

Pléochroïsme. L'intensité du pléochroïsme est d'autant plus grande que le minéral est plus coloré ; généralement il est encore

très sensible en lames minces. On observe alors (Auvergne) :

n_g = jaune d'or ;
n_m = } incolore.
n_p = }

Composition chimique. La låvenite est un silicozirconate (avec acides titanique et tantalique) de sodium, de calcium, de manganèse et de fer de formule complexe (Voir Brögger : *Z. K.* XVI. 1890).

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fusible en une scorie noire. Difficilement attaquée par l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. Les propriétés optiques de la låvenite sont caractéristiques et permettent de la distinguer notamment de l'épidote, qui est parfois de la même couleur, ainsi que de la rinkite et de la wöhlerite, incolores en lames minces et moins biréfringentes.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La låvenite est un minéral rare, existant comme élément *microscopique* dans les roches françaises suivantes :

1° Dans les phonolites néphéliniques et dans leurs enclaves homœogènes;

2° Dans les syénites néphéliniques.

1° *Dans les phonolites néphéliniques et dans leurs enclaves homœogènes.*

Plateau Central. — *Haute-Loire.* J'ai trouvé pour la première fois la låvenite dans les phonolites néphéliniques du Suc de Montusclat, de Lardeyrols, d'Ardennes (*B. S. M.* XIV. 15. 1891). M. Boule l'a depuis rencontrée dans un grand nombre de roches similaires du Velay.

La låvenite y est parfois très abondante; ses cristaux ne dépassent guère 0^{mm}25 suivant l'axe vertical; ils sont souvent cristallitiques et constituent le squelette de grands cristaux. Le minéral s'est produit exclusivement dans le second temps de consolidation.

Dans les enclaves homœogènes des phonolites néphéliniques du Pertuis qui ont la composition et la structure de syénites néphéliniques, j'ai retrouvé (*Les encl. des roches volc.*, 418) la låvenite en cristaux encore microscopiques, mais plus gros cependant et se prêtant

mieux à la détermination de toutes leurs propriétés optiques que ceux des phonolites elles-mêmes; ils ont parfois des formes nettes : leur couleur est d'un beau jaune d'or.

Je n'ai eu à ma disposition qu'un très petit nombre de ces enclaves; je suis persuadé qu'avec des recherches minutieuses on arriverait à trouver des échantillons renfermant des cristaux macroscopiques de låvenite.

2° *Dans les syénites néphéliniques.*

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. Dans la syénite néphélinique de Pouzac, la låvenite est rare en petits cristaux *microscopiques* (*B. S. G.* XVIII. 513. 1890).

WÖHLERITE

$$Ca^{10}\ Na^{5}\ Si^{10}\ Zr^{3}\ Nb^{2}\ O^{42}\ F^{3}$$

Monoclinique. $mm = 90° 14'$ (Dx[1]).

$b : h = 1000 : 487,8112$. $D = 687,8636$. $d = 725,7450$.

angle plan de $p = 86°56' 17''$;

angle plan de $m = 103°50'37''$.

$$\left[\begin{array}{c} a : b : c = 1,0551 : 1 : 0,7092 \\ z\,x = 70°45' \end{array}\right]$$

Faciès des cristaux. Les cristaux que je crois pouvoir rapporter à la wöhlerite sont *microscopiques*, peu allongés suivant leur axe vertical et aplatis suivant h^1(100).

Macles. Macle polysynthétique suivant h^1 (100).

Clivages. Clivages distincts suivant g^1 (010), très difficiles suivant h^1 (100) et m (110).

Dureté. 6.

Densité. 3,4.

Coloration. Jaune de diverses nuances. Éclat vitreux, un peu résineux. Translucide, transparente en lames minces.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques perpendiculaire à

1. *Op. cit.* II, p. XXIV. 1874.

g^1 (010) et sensiblement parallèle à o^1 (101). La bissectrice aiguë *négative* fait avec h^1 (100) un angle d'environ 45° dans l'angle aigu ph^1 (001) (100).

Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

$$2V = 71°26' \text{ à } 76°10' \text{ (Dx.)}$$

Dispersion notable $\rho < v$, avec dispersion horizontale faible autour de n_p.

$n_g = 1,726$ (Na) (Ml et Lx);
$n_m = 1,716$;
$n_p = 1,700$;
$n_g - n_p = 0,026$.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est faible dans les lames épaisses, nul dans les lames minces qui sont transparentes.

Composition chimique. La wöhlerite est essentiellement un silico-zirconiobate de calcium et de sodium.

Essais pyrognostiques. Fusible à haute température en un verre jaune. Décomposée par l'acide chlorhydrique chaud avec dépôt de SiO^2 et de Nb^2O^5.

Diagnostic. Voir à *låvenite.*

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Plateau Central. — *Haute-Loire.* Je n'ai trouvé la wöhlerite qu'en petits cristaux de $0^{mm}5$ dans les enclaves homœogènes de la phonolite néphélinique du Pertuis dont il a été question plus haut au sujet de la låvenite.

RINKITE

$Ce^2\ Ca^4\ Na^3\ (Si\ Ti)^6\ O^{19}\ F^3$

Monoclinique. $mm = 65°2'$.

$b : h = 1000 : 157,062$. $D = 537,514$. $d = 843,254$.

angle plan de $p = 65°\ 1'46''$;
angle plan de $m = 91°\ 1'33''$.

[$a : b : c = 1,5688 : 1 : 0,2922$ (Lorenzen)
$zx = 88°47'$.]

Faciès des cristaux. Je n'ai rencontré la rinkite que comme élément rare accompagnant la låvenite; elle y forme des baguettes allongées

suivant l'axe vertical. Les cristaux sont toujours très petits et n'ont pu être déterminés que par leurs propriétés optiques.

Macles. Macle polysynthétique suivant h^1 (100).

Clivages. Clivage facile suivant h^1 (100).

Dureté. 5.

Densité. 3,46.

Coloration. Jaune brun. Éclat vitreux, gras dans la cassure. Transparente en lames minces.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques perpendiculaire à g^1 (010). La bissectrice aiguë *positive* n_g fait un angle de 7° environ avec l'axe vertical [dans l'angle (aigu? ou obtus?) ph^1]. J'ai mesuré l'angle des axes sur une plaque taillée dans un cristal du Groenland que je dois à l'obligeance de M. Ussing (Na) :

$$2\,\mathbf{E} = 82^\circ \text{ environ}. \quad 2\,\mathbf{V} = 46^\circ 19'.$$
$$\mathbf{n}_m = 1{,}6682 \text{ (jaune) Osann, } in \text{ Rosenbusch.}$$
$$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0{,}016 \text{ (calc.)}.$$

Pléochroïsme. Dans les plaques épaisses, le minéral est pléochroïque dans les teintes jaunes, avec maximum d'absorption suivant n_g; il est incolore en lames minces.

Composition chimique. La rinkite est un silicotitanate fluorifère de calcium, de sodium et des terres de la famille du cérium (Voy. Brögger : *Z. K.* XVI. 1890).

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fond facilement en une perle noire brillante avec dégagement de fluor. Donne avec les flux les réactions du titane. Attaquée par les acides avec dépôt de silice et d'acide titanique.

Diagnostic. Voir à *låvenite*.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Plateau Central. — *Haute-Loire*. La rinkite accompagne la låvenite dans les phonolites néphéliniques de la Haute-Loire; elle y constitue un élément *microscopique* très rare.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. Dans quelques préparations *microscopiques* de la syénite néphélinique de Pouzac, j'ai trouvé un

minéral que je crois être de la rinkite; je n'ai pu trouver de sections suffisamment convenables pour pouvoir faire une démonstration irréprochable.

PYROXÈNES TRICLINIQUES[1]

RHODONITE

Mn Si O^3

Triclinique. $mt = 87°32'$.

$b : c : h = 1000 : 864{,}287 : 395{,}964$. $D = 637{,}243$. $d = 683{,}684$.

angle plan de $p = 85°55'42''$;
angle plan de $m = 111°29'$;
angle plan de $t = 94°51'\ 2''$.

[$a : b : c = 1{,}07285 : 1 : 0{,}62127$ (Flink, *in* Dana 1892)
$yz = 103°18'\ 7''$; $zx = 108°44'\ 8''$; $xy = 81°39'16''$.
$X = 101°17'30''$; $Y = 107°23'30''$; $Z = 85°34'$.]

Formes observées. La rhodonite des gisements français se présente exclusivement en masses lamellaires ou fibrolamellaires; la *bustamite* forme des masses fibrolamellaires très allongées suivant l'axe vertical.

Clivages. Clivages m $(1\bar{1}0)$, t (110) parfaits, p (001) facile. Les cristaux sont fragiles ; les variétés massives sont très tenaces.

Dureté. 5,5 à 6,5.

Densité. 3,4 à 3,68.

Coloration et éclat. Rouge brun clair, rose plus ou moins foncé, gris jaune ou verdâtre (*bustamite*); devient noire par exposition à l'air.

Éclat vitreux, nacré sur les lames de clivage. Poussière blanche. Transparente ou translucide, parfois seulement en lames minces.

1. La *babingtonite* a été trouvée dans des scories d'un fourneau d'usine dont il est question page 624. Son étude n'était pas achevée au moment du tirage de cette feuille.

Propriétés optiques. D'après M. Flink (*Z. K.* XI. 449. 1886) (rhodonite de Pajsberg), le plan des axes optiques fait des angles de 63° avec *m* ($1\bar{1}0$) et de 38°30' avec *p* (001). La bissectrice aiguë est *négative* et perpendiculaire à un plan faisant un angle de 51°40' avec *p* (001) et de 51°47' avec *m* ($1\bar{1}0$); la bissectrice obtuse est perpendiculaire à un plan faisant 86°55' avec *p* (001) et 50°7' avec *m* ($1\bar{1}0$) : l'axe n_m est presque parallèle à *p* (001).

$$2V = 72°12' \text{ (Na)};$$
$$n_m = 1{,}73.$$

Pléochroïsme. Le minéral est incolore en lames minces, mais le pléochroïsme est net en plaques épaisses ; on a alors :

n_g = rouge rose clair ;
n_m = rouge rose ;
n_p = jaune rougeâtre clair.

Composition chimique. *a*) Composition exigée par la formule $MnSiO^3$. Une quantité variable de MnO peut être remplacée par FeO, CaO ou MgO.

Les variétés renfermant de 9 à 29 °/₀ de CaO sont désignées sous le nom de *bustamite.*

b) Analyse de la rhodonite de Bou-Zaréah, par Ebelmen (*A. M* VIII. 3. 1845).

	a)	*b*)
SiO^2.....	45,9	45,49
MnO	54,1	39,49
FeO. ...	»	6,42
CaO....	»	4,66
MgO....	»	2,60
	100,0	98,63

Altérations. La rhodonite des gisements français, en s'altérant à l'air, brunit, noircit, puis donne naissance à de la pyrolusite. Elle est parfois aussi altérée en diallogite qui se transforme elle-même en pyrolusite. On rencontre dans les gisements cités plus loin toutes les étapes de ces diverses transformations. Je n'y ai trouvé aucun des silicates hydratés de manganèse qui ont été observés dans d'autres régions.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, noircit et fond en se boursouflant légèrement en un verre noir. Donne avec le borax et le sel de

phosphore les réactions du manganèse. Peu attaquée par les acides.

Diagnostic. Le diagnostic différentiel de la rhodonite et des autres pyroxènes réside dans son système cristallin triclinique et dans sa richesse en manganèse.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Bretagne. — *Morbihan.* M. de Limur m'a remis de petits fragments de rhodonite d'un rose jaunâtre qu'il a recueillis à l'île de Groix. Je n'ai pas de renseignements précis sur la nature géologique de son gisement.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* La pyrolusite résultant de la décomposition superficielle de rhodonite qui imprègne les roches siliceuses du dévonien (Beaugey : *B. S. G.* XVII. 297. 1889) a été autrefois exploitée dans les concessions de Germ, de Loudervielle et de la Serre d'Azet. Deux sont situés sur la montagne de Balestas et de Pène-de-Sendiès près du col de Peyresourde (route thermale de Bagnères-de-Luchon à Arreau) ; les autres se rencontrent sur la montagne de la Serre d'Azet qui sépare la vallée de la Neste de Louron de celle de la Neste d'Aure, entre les villages d'Adervielle et d'Azet.

Les exploitations se sont arrêtées après l'enlèvement de la couche de pyrolusite produite par l'altération superficielle des gîtes. La rhodonite rose est accompagnée de *friedelite*, de *diallogite*, plus rarement de *hübnerite* et d'*alabandine*. Elle s'isole parfois, dans les fentes des roches imprégnées, en masses fibrolamellaires.

Algérie. — *Alger.* Des tentatives d'exploitation ont été faites sur un filon de quartz et de rhodonite (superficiellement oxydé en pyrolusite) à environ 1 km. à l'est du point culminant de Bou-Zaréah et un peu au sud du marabout de Sidi-Ben-Nour. Cette rhodonite en masses d'un beau rose a été analysée par Ebelmen (analyse *b*).

Constantine. M. Gentil a trouvé dans un filon d'oligiste du cap Bou-Garoune, près de Collo (*B.S.M.* XVIII. 413. 1895), des masses fibrolamellaires verdâtres offrant la plus grande analogie avec la *bustamite* de Campliglia ; comme dans ce dernier gisement, elles sont accompagnées d'ilvaïte et atteignent plus d'un décimètre suivant l'axe vertical. Elles montrent au microscope une macle analogue à la macle suivant h^1 (100) de l'augite. Cette bustamite, en apparence homogène, est imprégnée de quartz, d'épidote, de calcite et d'oligiste.

GROUPE DES AMPHIBOLES

Le groupe des amphiboles est remarquablement symétrique de celui du pyroxène. Comme lui, il comprend trois sous-groupes dont les termes sont respectivement orthorhombiques, monocliniques ou tricliniques.

Leur caractéristique réside dans un clivage facile suivant un prisme voisin de 124° [1]; des clivages moins faciles existent parfois suivant h^1 (100) et g^1 (010). Dans les amphiboles monocliniques, on observe aussi des plans de séparation d'origine secondaire suivant p (001) homologues de ceux des pyroxènes monocliniques et comme eux accompagnés de macles polysynthétiques. Les macles suivant h^1 (100) sont fréquentes.

Le nombre des formes est moindre que dans les pyroxènes. Les amphiboles ont une grande tendance à s'allonger suivant l'axe vertical et à présenter des variétés fibreuses.

Dans les amphiboles orthorhombiques et monocliniques, le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010); il est presque parallèle à cette face dans le type triclinique.

Au point de vue chimique, les amphiboles sont des métasilicates de formule $R\,Si\,O^3$ dans lesquels $R = Ca, Mg, Fe$, avec parfois aussi Mn, Na^2, K^2, H^2. Quelques-unes d'entre elles contiennent aussi du sesquioxyde de fer ou de l'alumine peut-être à l'état de $Na\,Fe'''\,Si^2\,O^6$, $Na\,Al\,Si^2\,O^6$ ou de $R''\,R'''^2\,Si\,O^6$ (voir à *pyroxène*). Les types sodiques sont plus répandus et plus variés que dans les pyroxènes; le magnésium est également plus abondant dans les amphiboles : par contre, il n'existe pas d'amphibole exclusivement manganésienne ou calcique.

Le tableau suivant renferme les divers types d'amphiboles qui vont être passés en revue. Ceux qui sont marqués d'un * ne se rencontrent

1. Il faut faire toutefois une exception pour l'amphibole triclinique (ænigmatite), dans laquelle $mt = 114°9'$: les autres angles présentent de grandes analogies avec ceux des amphiboles monocliniques.

pas dans les gisements français et ne sont indiqués ici que pour mémoire.

Amphiboles orthorhombiques

Anthophyllite	(Mg Fe) Si O
Gédrite	(Mg Fe) Si O^3, *n* (Mg Fe) Al_2 Si O^6

Amphiboles monocliniques

Amphiboles non alumineuses		*Grünerite*	Fe Si O^3
		Cummingtonite	(Mg Fe) Si O^3
		**Dannemorite*	(Fe Mn Mg) Si O^3
		**Richterite*	(K^2 Na^2 Mg Ca Mn) Si O
		Trémolite	Ca Mg^3 Si^4 O^{12}
		Actinote	Ca $(Mg Fe)^3$ Si^4 O^{12}
Amphiboles alumineuses ou ferrifères	*Hornblendes* . .	*Édénite*	Ca $(Mg Fe)^3$ Si^4 O^{12} ± Na^2 Al^2 Si^4 O^{12} ± $(Mg Fe)^2$ $(Al Fe)^4$ Si^2 O^{12}
		Pargasite	
		H. commune .	
		H. basaltique .	
		Barkevicite . .	
	Katoforites		?
	Arfvedsonites .	*Arfvedsonites*	$(Na^2 Ca Fe)^4$ Si^4 O^{12} + $(Ca Mg)^2$ $(Al Fe)^4$ Si^2 O^{12}
		Riebeckite . . .	(Na Fe''' Si^2 $O^6)^2$ Fe Si O^3
		Crocidolite . .	Na Fe''' Si^2 O^6, Fe Si O^3
	Glaucophane		Na Al Si^2 O^6, (Fe Mg) Si O^3

Amphibole triclinique

Ænigmatite	Na^4 Fe^9 (Al Fe) $(Si Ti)^{12}$ O^{38}

AMPHIBOLES ORTHORHOMBIQUES

Les amphiboles orthorhombiques n'ont jamais été rencontrées avec des formes géométriques déterminables autres que les faces du prisme; leur symétrie orthorhombique a été établie d'après leurs propriétés optiques par M. des Cloizeaux (*C. R.* III. 788. 1861). Ces amphiboles orthorhombiques peuvent être parallélisées avec les pyroxènes ortho-

rhombiques. Comme l'enstatite, l'anthophyllite riche en magnésium est optiquement positive, alors que la gédrite alumineuse et souvent plus ferrugineuse est optiquement négative comme l'hypersthène.

Les gisements de ces minéraux n'étant pas distincts, je les étudierai dans un même chapitre.

ANTHOPHYLLITE—GÉDRITE

(Mg Fe) Si O³ — (Mg Fe) Si O³, *n* (Mg Fe) Al² Si O⁶

$mm = 125°37'$: anthophyllite de Franklin (Penfield);
$= 124°48'$: gédrite du Groenland (Ussing).

Faciès des cristaux. L'anthophyllite et la gédrite des gisements français se présentent en larges fibres ou en masses fibrolamellaires très serrées, enchevêtrées ou groupées en rosettes; elles sont parfois très tenaces; plus rarement, il existe des variétés qui par leur structure rappellent les diverses formes de l'asbeste.

Clivages. Clivages m (110) faciles. Clivages ou plans de séparation g^1 (010) et h^1 (100) difficiles. Cassures transversales à l'allongement des aiguilles.

Dureté. 5,5 à 6.

Densité. 3,04 (gédrite blanche, Saint-Préjet), 3,06 (anthophyllite), 3,060 (Saint-Félicien), 3,128 (Arvieu) à 3,26 (gédrite de Gèdres).

Coloration et éclat. Gris brun, jaune brun, brun verdâtre, verte. Transparente ou translucide. Éclat vitreux, nacré sur les plans de clivage.

Inclusions. La gédrite de Gèdres est riche en inclusions de biotite, de spinelle, de corindon et de zircon. Elle renferme parfois des inclusions violettes semblables à celles de l'hypersthène.

Fig. 1. Anthophyllite. Fig. 2. Gédrite.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010), montrant la position de la bissectrice *aiguë*.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010); n_g est

parallèle à l'axe vertical. La bissectrice est *positive* n_g dans l'anthophyllite, *négative* n_p dans la gédrite. La dispersion est toujours $\rho < v$ autour de n_g. L'angle des axes augmente donc autour de n_g avec la teneur en fer.

2 **V** (rouge) = 83°48′ à 84°52′ autour de $\mathbf{n}_g$ (anthophyllite Kongsberg.) (Dx);
= 78°33′ autour de $\mathbf{n}_p$ (gédrite de Fiskernaes) (Ussing).

Dans quelques variétés dont l'écartement des axes est voisin de 90°, n_g est bissectrice aiguë pour le rouge et bissectrice obtuse pour le jaune (Penfield).

L'angle des axes optiques de la gédrite de Beaunan, d'Itsatsou, de Saint-Préjet et de Saint-Félicien est plus grand que 80° (2 V) autour de n_g : il est un peu moins grand dans celle de Gèdres. Je n'ai pu faire de mesures précises.

	Anthophyllite de Kongsberg.	Gédrite de Fiskernaes.
$\mathbf{n}_g$ =	1,657 Ml et Lx. (Na)	1,6439 Ussing (rouge)
$\mathbf{n}_m$ =	1,642	1,6358
$\mathbf{n}_p$ =	1,633	1,623
$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p$ =	0,025	0,023 environ (Gèdres).

Pléochroïsme. Le pléochroïsme n'est distinct qu'en lames épaisses, le minéral étant incolore en lames de 0^{mm}02. On observe :

$\mathbf{n}_g$ = jaune ou verdâtre clair;
$\mathbf{n}_m$ et $\mathbf{n}_p$ = brunâtre.

J'ai rencontré des auréoles pléochroïques autour d'inclusions de zircon dans la gédrite de Gèdres (*C. R.* CII. 1329. 1886).

Groupements réguliers avec d'autres minéraux. Les amphiboles orthorhombiques se groupent à axes parallèles avec les amphiboles monocliniques; souvent aussi la biotite s'accole sur les faces prismatiques de ces minéraux.

Composition chimique. L'anthophyllite correspond comme composition chimique aux bronzites; la gédrite contient une grande quantité d'alumine et elle est généralement plus ferrugineuse : ce fait souffre cependant des exceptions, et la gédrite de Saint-Préjet paraît pauvre en fer.

Analyses de la gédrite de Gèdres : *a*) par Dufrénoy (*A. M.* X. 582. 1836) ;

b et *c*) par M. Pisani (*in* Dx. *op cit.*, I. 542).

	a)	b)	c)
SiO^2.....	38,81	42,86	43,58
Al^2O^3....	9,31	16,52	17,07
FeO.....	45,83	18,82	15,96
MgO.....	4,13	15,51	18,30
CaO.....	0,67	1,90	0,75
H^2O......	2,30	4,50	3,92
	101,05	100,11	99,58

Étant donnée la structure microscopique de la gédrite de Gèdres, il me paraît problable que ces analyses ont été faites sur une matière imparfaitement purifiée.

Essais pyrognostiques. Difficilement fusible en un émail qui dans les variétés ferrugineuses est noir et magnétique. Inattaquable par les acides.

Altérations. Les amphiboles orthorhombiques présentent assez souvent une altération par hydratation consistant en une transformation progressive en talc, en bastite ou en produits colloïdes ; plus rarement elles sont transformées en calcite.

Diagnostic. Les propriétés optiques des amphiboles orthorhombiques permettent aisément de les distinguer des amphiboles monocliniques.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Les amphiboles orthorhombiques se rencontrent en France dans deux catégories de gisement.

1° Dans les schistes cristallins et les schistes sédimentaires métamorphiques ;

2° Dans les roches éruptives comme produit secondaire[1].

1° Dans les schistes cristallins et les schistes sédimentaires métamorphiques.

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* M. Whitman Cross a signalé (*Tschermak Mitth.* III. 388. 1881) l'existence d'anthophyllite en aiguilles radiées brunâtres dans les schistes actinolitiques de la Loire-Inférieure.

M. Baret m'a communiqué des masses fibreuses d'un blanc jaunâtre du même minéral qu'il a recueillies à La Ville-au-Vay près Le Pellerin.

1. L'anthophyllite signalée dans la lherzolite par les anciens auteurs (Cordier d'Orbigny, *Descr. des roches*, 1868. 120) n'est autre chose que la bronzite.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. J'ai trouvé dans les schistes cristallins du village même d'Itsatsou de beaux échantillons d'une anthophyllite en fibres entrelacées jaunes ou vert clair constituant des masses extrêmement tenaces. En 1890, de gros blocs de plus de 20 kg. se trouvaient sur le bord de la route de Cambo à Hélette à l'entrée du village ; ils paraissaient avoir été arrachés sur place.

Hautes-Pyrénées. La gédrite a été découverte par d'Archiac, près de Gèdres dans la vallée de Héas; elle était en blocs éboulés, et je ne crois pas qu'elle ait été trouvée en place jusqu'ici : elle provient peut-être des schistes paléozoïques granitisés. Le minéral fut décrit par Dufrénoy (*A. M.* X. 582. 1836); l'analogie de ses propriétés optiques et de celles de l'anthophyllite a été mise en lumière par M. des Cloizeaux (*C. R.* LII. 784. 1861). Les analyses *a*), *b*), *c*), ont été faites sur ce minéral par Dufrénoy et par M. Pisani. La gédrite forme des masses fibrolamellaires constituées par de longues baguettes enchevêtrées d'un brun de girofle.

L'examen microscopique montre que de nombreuses lames de biotite sont accolées aux faces prismatiques du minéral et intimement mélangées à lui. Celui-ci renferme de très nombreuses inclusions de spinelle vert, de corindon bleu et de zircon déterminant autour d'elles des auréoles pléochroïques.

Plateau Central. — *Ardèche*. Une gédrite en masses très tenaces formées par l'enchevêtrement de petites fibres blanc jaune ou verdâtres se trouve aux environs de Saint-Félicien à proximité des gneiss à pyroxène et anorthite. Dans les nombreux échantillons que je dois à l'obligeance du frère Euthyme, se rencontrent de longues fibres asbestoïdes du même minéral atteignant 5^{cm} de longueur. Je ne range ici que sous réserve ce gisement, que je n'ai pas visité moi-même : il est possible, en effet, qu'il soit en relation avec les serpentines qui existent dans cette localité.

L'examen microscopique montre que la roche est exclusivement constituée par la gédrite. Des essais chimiques m'ont permis de constater que le minéral est alumineux, mais peu ferrifère.

Rhône. M. Gonnard a signalé (*B. S. M.* III. 273. 1880) des échantillons de gédrite dans les gneiss granulitiques de Beaunan (carrière abandonnée) sur l'ancienne route d'Oullins à Chaponost. La gédrite s'y trouve en individus ayant de 2 à 3^{mm} jusqu'à 5^{cm} suivant l'axe

vertical. Tous sans exception sont entourés d'une zone de paillettes de biotite verdâtre ayant de 1 à 2^{mm} de largeur. La couleur varie du jaune paille au brun ; très souvent le centre est très altéré et même quelquefois entièrement transformé en limonite pulvérulente. Un traitement rapide par l'acide chlorhydrique décolore presque complètement la substance en la débarrassant de son pigment secondaire.

M. Damour a constaté que le minéral était alumineux; dans les échantillons que je dois à l'obligeance de M. Gonnard, j'ai observé les propriétés optiques de la gédrite. La biotite présente au microscope une remarquable structure vermiculée.

2° *Dans les roches éruptives comme produit d'altération.*

L'anthophyllite et la gédrite se trouvent parfois dans les roches éruptives basiques comme produit d'altération. Ce genre de gisement fournit de très beaux échantillons de ces deux minéraux.

Plateau Central. — *Aveyron*. J'ai décrit et figuré page 558 les remarquables transformations en anthophyllite de l'hypersthène de la norite d'Arvieu. Il est donc inutile d'y revenir ici.

L'anthophyllite est fibrolamellaire d'un jaune plus ou moins foncé; elle possède un éclat fort vif. Elle ne se présente pas toujours avec une disposition aussi régulière que dans l'échantillon représenté par la fig. 2, page 558 : souvent, en effet, elle constitue des agrégats d'aiguilles enchevêtrées d'une façon quelconque. On a vu plus haut que les amphibolites à anthophyllite signalées dans ce gisement par M. Bergeron ne sont autre chose que la roche qui m'occupe ici.

Haute-Loire. Au moment de la mise en pages, M. Bouhard m'a remis de remarquables échantillons d'une gédrite asbestoïde provenant du massif de serpentine de St-Préjet-Armandon (près le cimetière). La serpentine de ce gisement renferme des nodules atteignant plusieurs décimètres de diamètre et formés par une gédrite peu ferrifère, d'un jaune doré ou jaunâtre clair, en fibres fragiles et peu cohérentes. Elles atteignent 6 centimètres de longueur et sont implantées perpendiculairement à la surface extérieure des nodules, dont la forme est très irrégulière. Tantôt elles se rejoignent au centre des nodules, tantôt elles s'appuient sur un noyau de serpentine ou de biotite. A la périphérie, elles englobent souvent une actinote en prismes d'un beau vert émeraude clair. Les nodules sont souvent séparés de la serpentine par une enve-

loppe de biotite se transformant en vermiculite. Ils sont distribués irrégulièrement dans la roche. Leur analogie de structure avec les pseudomorphoses d'Arvieu, dont elles sont la reproduction fidèle, énormément grossie, fait penser qu'ils ont aussi une origine secondaire; il faut reconnaître toutefois que, si la bronzite est abondante non loin de là (à Coureuges), elle n'a pas été trouvée en même temps que la gédrite. Ces nodules sont tout à fait comparables à ceux des serpentines de Dürnstein (Waldviertel) décrits par M. Becke (*Tscherm. Mittheil.* III. 328. 1881).

La gédrite forme aussi des filonnets dans lesquels elle est mélangée d'actinote et de pennine verte.

Puy-de-Dôme. C'est probablement dans des conditions semblables que se sont formés des filonnets blancs soyeux trouvés par M. Gonnard dans la serpentine traversée par le tunnel des Valettes près Durtol. Le minéral de ce gisement est presque entièrement épigénisé par de la calcite; il est aussi associé à de la pennine.

AMPHIBOLES MONOCLINIQUES

Ces amphiboles constituent la partie la plus importante du groupe qui nous occupe. Elles peuvent être classées de plusieurs façons suivant le point de vue auquel on les considère.

Au point de vue chimique, on peut admettre les divers types indiqués dans le tableau de la page 634.

Malgré des différences considérables de composition chimique, les amphiboles possèdent des formes remarquablement constantes et les paramètres cristallographiques des divers types qui se présentent en cristaux susceptibles d'être mesurés sont fort voisins.

J'ai pris les mêmes angles fondamentaux que M. des Cloizeaux, tout en adoptant l'orientation proposée par M. Tschermak et admise par M. Dana dans la dernière édition de son *System of Mineralogy*; elle consiste à prendre la face [a^1 ($\bar{1}01$)] de l'ancienne orientation pour p (001) et réciproquement. Si ($h\,k\,l$) est le symbole d'une face dans l'ancien système et ($p\,q\,r$) son symbole dans la nouvelle orientation, les équations suivantes permettent de passer d'un système à l'autre :

$$p = -(h + l), \quad q = k, \quad r = l.$$

Voici, du reste, pour les deux systèmes, le tableau de concordance des formes signalées plus loin dans les amphiboles françaises :

Notation adoptée	Dx.
p (001)	a^1 ($\bar{1}01$)
m (110)	m (110)
h^1 (100)	h^1 (100)
g^1 (010)	g^1 (010)
g^2 (130)	g^2 (130)
h^3 (210)	h^3 (210)
o^1 (101)	$a^{1/2}$ ($\bar{2}01$)
a^1 ($\bar{1}01$)	p (001)
$a^{1/2}$ ($\bar{2}01$)	o^1 (101)
e^1 (011)	$b^{1/2}$ ($\bar{1}11$)
$e^{1/3}$ (031)	($b^{1/2}$ $d^{1/4}$ g^1) ($\bar{1}31$) = ε
(b^1 $d^{1/3}$ h^1) = θ = ($\bar{1}21$)	$e^{1/2}$ (021)
(b^1 $b^{1/3}$ h^1) = a_3 = ($\bar{2}11$)	$d^{1/2}$ (111)

L'avantage de cette orientation est de permettre la comparaison des propriétés des pyroxènes et des amphiboles, les faces p (001) des deux minéraux étant celles qui possèdent la même importance physique (plans de séparation accompagnés de macles, etc.). Quand ils se groupent ensemble, et ce fait est fréquent, l'orientation est telle que les axes cristallographiques définis comme je viens de le faire sont en coïncidence, les faces p étant sensiblement sur le même plan. Enfin, grâce à cette orientation nouvelle, les propriétés optiques des deux groupes de minéraux peuvent être plus facilement comparées.

Toutes les amphiboles présentent un clivage caractéristique suivant les faces prismatiques m (110), rarement un clivage suivant g^1 (010) et des plans de séparation parallèles à h^1 (100) ou à p (001); ces plans de séparation sont les homologues de ceux dont il a été question dans le groupe du pyroxène.

Les amphiboles sont fréquemment maclées suivant h^1 (100) comme les pyroxènes; il existe aussi une macle microscopique suivant p (001) accompagnant les plans de séparation.

Afin d'éviter les redites, je donnerai immédiatement un tableau unique des incidences correspondant aux angles mesurés sur la hornblende, la seule amphibole qui, au moins dans les gisements français, montre un nombre suffisant de faces.

Les angles observés ont été mesurés sur des cristaux de roches volcaniques d'Auvergne : (O) sur les cristaux de Riveau Grand, par

M. Œbbecke (*B. S. M.* VIII. 54. 1885); (G) sur ceux de Périer, par M. Gonnard (*B. S. M.* XIV. 222. 1891).

Monoclinique. $mm = 124°11'$.

$b : h = 1000 : 257,243$. $D = 875,866$. $d = 482,574$.

angle plan de p = $122°17'36''$

angle plan de m = $99°15'\ 3''$

$$\left[\begin{array}{c} a : b : c = 0,55097 : 1 : 0,293701 \\ z\,x = 73°58' \end{array}\right]$$

	Angles calculés	Angles mesurés
*mm	124°11'	124°14' G.
		2' O.
$m\,h^1$	152° 6'	151°50' G.
$m\,g^1$	117°54'	117°58' G.
$m\,h^3$	166°56'	
$h^3\,g^1$	104°50'	
$m\,g^2$	150° 6'	149°30',50',55' O.
$g^2\,g^1$	147°49'	
ph^1 ant.	106° 2'	
$p\,o^1$	155°57'	
$p\,a^1$ adj.	149° 0'	
a^1h^1 post.	104°58'	
*$a^{1/2}\,h^1$	129°25'	
$a^{1/2}a^1$	155°33'	
o^1a^1 adj.	124°57'	
$p\,e^1$	164°14'	
$e^1\,g^1$	105°46'	105°46' à 51'G.
$e^1\,e^1$ sur p	148°28'	148° 7' à 40'O.
$p\,e^{1/3}$	139°44'	

	Angles calculés	Angles mesurés
$e^{1/3}\,g^1$	130°16'	
$e^{1/3}\,e^{1/3}$ s. p	99°26'	
$e^1\,e^{1/3}$	155°30'	155°32' à 34'O.
$p\,g^1$	90°	
$p\,m$	104° 7'	
$p\,h^3$	105°29'	
$p\,g^2$	103°31'	
e^1h^1	105°25'	105°17' G.
a^1a_3	152°36'	152°21' G.
$a^1\,m$	103°12'	103°18' G.
a^1e^1	145°35'	
$m\,e^1$ sur a^1	68°47'	68°46' G.
$a^1\,m$	76°48'	
$\theta\,m$	115°26'	
me^1 opp.	83°49'	
$m\,o^1$ opp.	55°19'	
$e^1\,o^1$	151°30'	

	Angles calculés	Angles mesurés
$a^1\theta$	150°26'	150°32' G.
		41' O.
$\theta\,g^1$	119°34'	119°30' G.
$a^1\,g^1$	90°	90° 5' G.
*$g^1\,a_3$	102°47'	
a_3a_3 s. $a^{1/2}$	154°26'	154°31'G.
$m\,o^1$ adj.	124°41'	
Dans macle		
$e^1\,\bar{e}^1$	149°11'	
$a^1\,\bar{a}^1$	150° 4'	

Les propriétés optiques des amphiboles non alumineuses varient peu, l'angle d'extinction dans g^1 (010) étant toujours voisin de 15° [dans l'angle obtus ph^1 (001) (100)]. Celles des amphiboles alumineuses seront discutées plus loin.

AMPHIBOLES NON ALUMINEUSES

GRÜNERITE

$Fe\,Si\,O^3$

Formes observées. m (110), h^1 (100).

Macles. Macle suivant h^1 (100) très polysynthétique.

Faciès des cristaux. La grünerite forme des masses fibrolamellaires sans pointements distincts.

Clivages. Clivages faciles suivant m (110).

Densité. Supérieure à 3,3.

Coloration et éclat. Brun clair. Éclat vitreux, un peu nacré.

Propriétés optiques. n_g fait avec l'axe vertical (dans g^1) un angle de 11° à 15°.

$$2\mathbf{E} = 95^\circ \text{ environ.}$$

$\rho > v$ avec dispersion inclinée faible.

$$n_g - n_p = 0{,}056.$$

Cette biréfringence est la plus forte qui ait été constatée dans le groupe des amphiboles (Lx. : *B. S. M.* IX. 1886 et *C. R.* CII. 1889).

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est faible, mais cependant appréciable dans les lames minces de 0mm2. J'ai observé les teintes suivantes :

n_g = jaune pâle ;
n_m = } incolore.
n_p = }

Composition chimique. *a*) Composition correspondant à la formule $Fe\,Si\,O^3$;

b) Analyse de la grünerite de Collobrières, par Grüner (*C. R.* XXIV. 794. 1847).

	a)	*b*)
SiO^2.......	45,5	43,90
Al^2O^3......	»	1,90
FeO.......	54,5	52,20
MgO.......	»	1,10
CaO.......	»	0,50
	100,0	99,60

Essais pyrognostiques. Fusible au chalumeau en un verre noir magnétique.

Diagnostic. La grünerite se distingue des autres amphiboles par sa forte biréfringence et la répétition de ses macles.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Maures. — *Var.* Ce minéral a été découvert par Grüner, qui l'a décrit (*op. cit.*), comme pyroxène exclusivement ferrifère. C'est en l'honneur de ce géologue que Kengott l'a nommé *grünerite*

(*Minéral.* 1853. 69). J'ai montré (*op. cit.*) que toutes les propriétés physiques de la grünerite la rattachaient au groupe de l'amphibole, conclusion que M. des Cloizeaux avait antérieurement regardée comme probable.

La grünerite forme, au milieu des micaschistes de Collobrières, des masses fibrolamellaires brunes à éclat un peu soyeux. Elle est accompagnée de grenat, de magnétite et de quartz. Elle est parfois imprégnée de produits ferrugineux d'altération.

CUMMINGTONITE

Faciès. La cummingtonite (amphibole-anthophyllite de M. des Cloizeaux) forme des masses fibreuses ou fibrolamellaires dont les caractères extérieurs sont identiques à ceux de la gédrite de Gèdres.

Clivages. Clivages *m* (110) faciles.

Dureté. 5,5.

Densité. 3,1 à 3,32.

Coloration et éclat. Brune. Voir à *anthophyllite* et à *gédrite.*

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). L'angle d'extinction dans g^1 (010) est voisin de 15°. La bissectrice est *négative* (n_p).

$$2\,\mathbf{V} = 78^\circ \text{ environ;}$$
$$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0{,}022 \text{ environ.}$$

Pléochroïsme. Le minéral est peu coloré en lames minces. Son pléochroïsme est faible. J'ai observé, en lames de $0^{mm}02$ d'épaisseur :

$\mathbf{n}_g$ = jaune brunâtre clair;
$\mathbf{n}_m$ = } blanc jaunâtre clair.
$\mathbf{n}_p$ = }

Composition chimique. Au point de vue chimique, la cummingtonite est très voisine de l'anthophyllite ; celle du seul gisement français n'a pas été analysée ; j'ai constaté, sur une petite quantité de matière purifiée avec soin, que le minéral est dépourvu de chaux (ce qui ne permet pas d'en faire une actinote).

Essais pyrognostiques. Voir à *anthophyllite.*

Altérations. Les aiguilles de la cummingtonite de Luchon sont sou-

vent entourées d'une gaine de produits d'altération colloïdes ou se transforment en bastite.

Diagnostic. Les propriétés optiques peuvent seules permettre de distinguer cette amphibole de l'anthophyllite. La très difficile fusibilité, la densité plus grande et l'absence de la chaux constituent le diagnostic différentiel de l'actinote.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Pyrénées. — *Haute-Garonne.* Le minéral que je désigne ici sous le nom de *cummingtonite* est celui qui se trouve dans les collections françaises sous le nom de *gédrite de Luchon.* Il a été découvert par M. Gourdon à la carrière de Montauban-de-Luchon entre ce village et Saint-Mamet. Il forme des masses fibreuses brunes, dont les fibres atteignent 3^{cm} de longueur, au milieu de schistes paléozoïques métamorphisés. Il y est accompagné de biotite, de cordiérite, de quartz, de pyrite et de feldspaths tricliniques acides. M. Gourdon l'a aussi recueilli en masses fibreuses, parfois divergentes d'un centre, dans la vallée de Larboust, au Mail de Soulan, à Juzet (gorge de Bazus) et à Castel-Vieilh : tous ces gisements se trouvent aux environs de Luchon.

TRÉMOLITE-ACTINOTE

Entre la trémolite $Ca\,Mg^3\,Si^4\,O^{12}$ et l'actinote $Ca\,(Mg\,Fe)^3\,Si^4\,O^{12}$, il existe de nombreux passages, constitués par des minéraux de plus en pus riches en fer. Ces minéraux, avec des colorations différentes, présentent entre eux une telle analogie de propriétés, des associations si fréquentes dans des gisements géologiques identiques, que je n'ai pas cru devoir les étudier dans des paragraphes distincts; le nom de *trémolite* sera réservé aux types renfermant moins de $3\,^0/_0$ de FeO.



Fig. 1.
Forme habituelle des cristaux de trémolite et d'actinote.

Formes observées et faciès. La *trémolite* et l'*actinote* des gisements français sont allongées suivant l'axe vertical. Le plus souvent, elles ne présentent que les faces *m* (110), plus rarement h^1 (100) ou g^1 (010) distinctes; les extrémités des cristaux ne se terminent que rarement par des pointements déterminables e^1 (011).

Ces amphiboles ont une grande tendance à former des masses lamellaires, fibrolamellaires ou même franchement fibreuses.

L'*asbeste* est une variété très fibreuse, généralement peu ferrifère et se rapportant à la trémolite. Ses fibres sont parfois flexibles et susceptibles d'être tissées (*amiante*); dans d'autres cas, elles s'enchevêtrent pour donner naissance à des masses légères, dont la texture est bien mise en lumière par les noms de *liège, carton de montagne* qui leur ont été donnés. La *byssolite* (*amiantoïde*, *asbestoïde*) est une variété d'actinote en petites aiguilles très délicates, verdâtres, enchevêtrées, se trouvant dans les druses de diverses roches.

Le *jade* ou *néphrite*, bien qu'ayant la même composition que les variétés précédentes (trémolite ou actinote), possède, au contraire, une ténacité très considérable, grâce à la texture très serrée des petites aiguilles entrelacées qui le constituent.

Le nom d'*ouralite* a été donné à l'amphibole qui épigénise si souvent les pyroxènes; elle est constituée soit par de l'actinote soit par de la hornblende. Il en est de même de la *smaragdite*, d'un vert émeraude, qui épigénise le diallage de certains gabbros et l'omphazite des éclogites.

Clivages. Clivage m (110) parfait, plus facile que le clivage prismatique du pyroxène. Clivage parfois net suivant h^1 (100) et g^1 (010). Cassures transversales irrégulières fréquentes dans les cristaux.

Dureté. 5 à 6. Fragile.

Densité. 2,9 à 3,1 (trémolite), 3,2 (actinote); 3,022 actinote du Bourg-d'Oisans, 3,024 actinote de Saint-Préjet, 3, 028 actinote de la Loire, 3,06 jade de la Nouvelle-Calédonie (M. Frenzel).

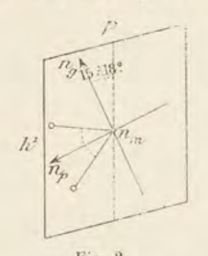


Fig. 2.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010) [*trémolite* et *actinote*].

Coloration et éclat. Incolore, blanche, grise ou noire, jaune clair (trémolite), verte, gris verdâtre, verte de nuance plus ou moins foncée (actinote).

Éclat vitreux, un peu nacré sur les lames de clivage. Poussière blanche à blanc verdâtre.

Inclusions. La trémolite et l'actinote des roches métamorphiques sont souvent riches en inclusions de matière charbonneuse, de paillettes de biotite, etc., qui leur donnent des colorations accidentelles.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques dans g^1 (010). Bissectrice aiguë *négative* (n_p) faisant avec l'axe vertical dans l'angle aigu ph^1 (001) (100) un angle de 72° à 74° (trémolite) ou 75° (actinote). L'ex-

tinction dans g^1 (010) se fait donc de 18° à 15° de l'axe vertical (dans l'angle obtus) de $p\,h^1$ (fig. 2).

Les indices mesurés pour la lumière du sodium sont :

	Trémolite	Actinote
$n_g =$	1,6340 Skutterud	1,636 Zillerthal (Ml et Lx)
$n_m =$	1,6233 (Penfield)	1,627
$n_p =$	1,6065	1,611
$n_g - n_p =$	0,0275	0,025
$2\,V =$	81°22'	73°44'

Dans la trémolite 2 V atteint 88°; il est, en moyenne, de 75° à 80° dans l'actinote.

Pléochroïsme. Les variétés colorées (*actinote*) sont pléochroïques. L'intensité du pléochroïsme varie avec la teneur en fer. On a :

n_g = vert plus ou moins intense;
n_m = jaune verdâtre;
n_p = jaune très pâle.

Composition chimique. La *trémolite* comprend les amphiboles peu ou pas alumineuses renfermant moins de 3 °/₀ de fer; l'*actinote*, celles qui en contiennent davantage.

a) Composition correspondant à la formule ($Ca\,Mg^3\,Si^4\,O^{12}$);

Analyses : *b*) de la trémolite (*asbeste*) de La Tarentaise, par Bonsdorff (*Schweig. J.* XXXV. 140. 1822);

c) de l'actinote compacte (*jade*) de la Nouvelle-Calédonie, par Frenzel (in Meyer, *Jade u. Nephrit*, 54. 1883);

d) de l'actinote des Pyrénées, par Dufrénoy (*Minér.* IV. 399. 1859);

e) de l'actinote (*asbeste*) de La Tarentaise, par Vauquelin (*in* Beudant, *Minér.* II. 234);

f) de l'actinote (*byssolite*) du Bourg-d'Oisans, par Vauquelin et Macquart (*J. Soc. phil.* I. 188. 1797);

g) de l'actinote (*asbestoïde*) du Petit-Saint-Bernard, par Vauquelin.

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)	*f*)	*g*)
$Si\,O^2$	57,7	58,20	55,80	57,40	51,40	47,0	48,7
$Al^2\,O^3$	»	0,14	»	»	1,40	»	1,6
$Fe\,O$	»	3,08	5,67	6,01	8,20	20,0	20,3
$Mg\,O$	28,9	22,10	20,54	21,65	22,30	7,3	9,9
$Ca\,O$	13,4	15,55	15,80	13,70	13,60	11,3	14,6
$Mn\,O$	»	0,20	»	»	1,50	11,0	»
Fl	»	0,66	»	»	»	»	»
$H^2\,O$	»	0,14	2,10	»	»	»	2,2
Perte	»	»	»	0,20	»	4,4	»
	100,0	100,08	99,91	98,96	98,40	100,0	97,3

J'ai essayé quelques byssolites du Dauphiné faisant partie de la collection du Muséum : elles ne renferment pas de manganèse.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, la trémolite blanchit et fond plus ou moins facilement en un verre blanc translucide ou en une masse grise. L'actinote se comporte de même et fond en un émail grisâtre ; elle donne les réactions du fer. Inattaquable par les acides.

Altérations. La trémolite se transforme assez fréquemment en talc ; ce minéral en petites lamelles se produit à la surface des lames de clivage *m* (110) et, gagnant de proche en proche, finit par transformer entièrement la trémolite, qui conserve sa forme, tout en présentant les caractères extérieurs du talc. Dans les gisements de Pitourless en Lordat (*Ariège*), de La Molle près Cogolin (*Var*) et de Madagascar, qui seront étudiés plus loin, on trouve tous les passages entre la trémolite intacte et la pseudomorphose totale. La trémolite se transforme aussi parfois en calcite ; l'actinote, en chlorite, en épidote, etc.

Diagnostic. La trémolite et l'actinote se distinguent des hornblendes par l'absence de l'alumine. Le jade est beaucoup moins fusible et moins dense que la jadéite : ses propriétés cristallographiques et optiques l'en distinguent en outre très nettement.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La trémolite et l'actinote ne se rencontrent comme élément primordial dans aucune roche éruptive. On peut les signaler dans les conditions suivantes :

1° Dans des calcaires sédimentaires modifiés au contact de roches éruptives (granites, granulites, diorites, diabases, ophites, péridotites) ou de filons de quartz d'origine hydrothermale (trémolite et actinote) ;

2° Dans des schistes cristallins d'âge varié (trémolite et actinote) ;

3° Dans des roches éruptives, comme produit d'altération (asbeste, jade, trémolite, actinote) ;

4° Dans les fissures de roches variées, comme produit secondaire (asbeste, byssolite).

1° *Dans les calcaires sédimentaires modifiés au contact de roches éruptives ou de filons de quartz.*

Ce genre de gisement est celui qui, en France, fournit le plus de trémolite. Ce minéral s'y présente, soit en masses fibrolamellaires ou

fibreuses, soit en cristaux distincts. Incolore dans les calcaires eux-mêmes incolores, la trémolite fixe souvent le pigment qui colore ceux-ci et produit ainsi des variétés grises ou noires. Dans quelques gisements pyrénéens, la trémolite est parfois ferrifère et l'on trouve alors tous les passages avec l'actinote qui coexiste dans les mêmes localités.

a) *Contact de granite et de granulite.*

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. J. de Charpentier (*op. cit.*, 274) a signalé aux environs de Barèges la trémolite comme élément accidentel des calcaires paléozoïques voisins du granite. M. des Cloizeaux m'a donné un échantillon de calcaire qu'il a recueilli autrefois à La Piquette déras lids : il est traversé par un filonnet, large d'environ 3^{cm}, entièrement constitué par de la trémolite fibreuse d'un beau blanc noyée dans de la calcite (voir page 658 pour les gisements d'asbeste de cette région).

Haute-Garonne. La collection de M. Gourdon renferme des échantillons de trémolite provenant en grande partie des environs de Luchon et recueillis dans des assises paléozoïques métamorphisées par le granite ou la granulite. Je n'ai visité aucun de ces gisements ; ce sont les suivants : vallée du Lys, Montauban-de-Luchon, Portillon de Burbe (versant aranais), place des Étangs, base de la Maladetta [*Aragon*], val de Riou Majou près la grotte de Fortine (vallée d'Aure). Il en est de même pour le gisement du pic de Sarrouyès (*Hautes-Pyrénées*).

b) *Contact des ophites et de la lherzolite.*

Pyrénées. — La trémolite est très abondante dans les calcaires secondaires modifiés par la lherzolite ou par les ophites. Elle y accompagne le dipyre (voir à cette espèce, tome II, et *B. C. F.* n° 42. 1895).

Basses-Pyrénées. Les gypses à tourmaline de Lys renferment de la trémolite en petite quantité.

Hautes-Pyrénées. Cette amphibole est peu commune dans les calcaires à dipyre de Pouzac, tandis que l'actinote y existe, au contraire, en abondance, ainsi que dans les marnes calcaires métamorphisées (voir à *dipyre*, tome II). Elle y forme des cristaux distincts ou groupés en gerbes.

Haute-Garonne. La trémolite abonde dans les grès de Cierp modifiés par l'ophite (masses fibreuses) et surtout dans les calcaires des environs

de Saint-Béat (cap de Mont, environs d'Eup, carrière de Rie), où elle présente des aspects très variés (fibres ou cristaux blancs, gris ou noirs) suivant la nature du calcaire qui les renferme. On la trouve aussi entre Saint-Béat, la tour de Lez et Boutx, au contact de l'ophite, soit dans les calcaires, soit dans les grès triasiques.

Le même minéral se rencontre dans les calcaires jurassiques marmoréens, au contact d'ophites, à Cazaunous, à Saint-Lary et à Portet d'Aspet, ainsi que dans la vallée de la Bellongue. On peut y recueillir de jolis échantillons de collection souvent riches en dipyre.

Ariège. La trémolite abonde dans la bande de calcaire secondaire servant de prolongement aux gisements de la vallée de Bellongue et traversant tout le département de l'Ariège.

De même que pour le dipyre, il n'est pas possible d'énumérer tous les gisements où l'on peut en recueillir de beaux échantillons ; je citerai toutefois Seix (en Bleychen, jolis cristaux d'actinote verte), Sentenac, l'entrée du village d'Aulus (masses fibreuses de trémolite d'un beau blanc à éclat soyeux atteignant parfois plusieurs décimètres de plus grande dimension), le port de Saleix, les environs de l'étang de Lherz, de Vicdessos, de Prades ; enfin, près de Tarascon, les carrières d'Arnave. Dans ce dernier gisement l'actinote est extrêmement abondante, en cristaux parfois nets, au milieu des marnes calcaires métamorphisées par l'ophite. Au port de Saleix, j'ai rencontré, dans les schistes et quartzites du lias moyen, de la trémolite fibreuse remplissant des fissures de 2^{cm} de largeur ; elle est parfois associée au dipyre et à la zoïsite.

Aude. La trémolite se rencontre dans les calcaires secondaires coupés par la route de Prades à Belcaire ; mais aucun gisement ne mérite, à cet égard, de mention spéciale.

c) *Contact de filons de quartz*.

Pyrénées. — *Ariège*. Le gisement précité d'Aulus ne peut être comparé au point de vue de la beauté de la trémolite qu'il fournit, qu'avec celui que j'ai trouvé sur le flanc S.-O. du massif du Saint-Barthélemy (*B. S. M.* XIV. 312. 1891). A Pitourless en Lordat, rocher situé sur le bord de la route conduisant à la carrière de talc de Trimounts et peu avant celle-ci, s'observent des filons de quartz au milieu de calcaires paléozoïques (siluriens) qui recouvrent des couches de talc autrefois exploitées. Les épontes de ces filons quartzeux ramifiés sont constituées par

de la trémolite. Ce minéral forme des masses fibrolamellaires atteignant souvent 10^{cm} de longueur suivant l'axe vertical des fibres. Il s'est évidemment produit sous l'influence des sources thermales qui ont déterminé la formation des filons de quartz, car on le voit accompagner ceux-ci d'une façon constante et n'exister qu'à leur contact.

Ce gisement m'a fourni des échantillons ne le cédant en rien à ceux du Saint-Gothard; je n'ai pu trouver aucun cristal à sommets distincts. Seules les faces du prisme sont perceptibles dans les masses débarrassées, par un acide, de leur gangue calcaire. Ces masses fibrolamellaires de trémolite sont très fréquemment transformées en talc; celui-ci se développe sur les faces prismatiques de l'amphibole et l'épigénise peu à peu. Il est possible de trouver tous les passages entre le minéral intact et des pseudomorphoses complètes.

A quelque distance des filons, j'ai observé, dans le calcaire, des poches remplies de grandes lames de talc, renfermant quelquefois des aiguilles translucides de trémolite grise, atteignant 1 ou 2^{cm} et présentant des formes très nettes dans la zone verticale m (110), h^1 (100), avec plus rarement e^1 (011) (fig. 1).

2° *Dans les schistes cristallins, comme élément primordial.*

Ce genre de gisement est celui dans lequel l'actinote se rencontre avec le plus de fréquence. Elle y forme un élément accessoire ou constitue presque à elle seule de véritables amphibolites. Elle se trouve généralement sous la forme d'aiguilles allongées suivant l'axe vertical, dépourvues de sommets distincts, groupées parfois en masses fibreuses ou rayonnées. Elle y est souvent associée à du pyroxène, de l'épidote, des chlorites, des micas, de la magnétite, de la pyrite, du rutile, de la calcite.

Ces amphibolites ou schistes actinolitiques se trouvent en Bretagne à la partie supérieure de la série du gneiss et dans les micaschistes. On les trouve aussi à un niveau plus élevé au milieu des schistes chloriteux précambriens, paléozoïques ou plus récents : ces derniers sont alors souvent riches en quartz, en albite, etc. (Alpes).

L'actinote se rencontre aussi parfois comme accident dans les schistes cristallins; ses cristaux, enchevêtrés, atteignent alors plusieurs centimètres de longueur et constituent de véritables échantillons de collection.

La trémolite se trouve particulièrement dans les cipolins intercalés dans les schistes cristallins; elle y forme des masses fibreuses, plus rarement des cristaux; ceux-ci sont généralement dépourvus de sommets distincts.

Bretagne. — *Morbihan*. M. de Limur (*op. cit.*, 53) m'a communiqué de beaux échantillons de trémolite en cristaux confus ou en masses fibrolamellaires soyeuses d'un beau blanc ou colorées en jaune par des produits ferrugineux secondaires ; cette amphibole se trouve dans les calcaires dolomitiques intercalés au milieu des micaschistes du Moustoir près de Billiers. Une actinote laminaire d'un gris foncé a été trouvée par le même savant à l'île d'Arz dans les gneiss.

Les micaschistes et amphibolites à actinote d'un vert plus ou moins clair abondent à l'île de Groix; ils accompagnent des amphibolites à glaucophane. M. de Limur a signalé de l'actinote fibroradiée dans les micaschistes de Pontivy.

Loire-Inférieure. La trémolite est citée par M. Baret (*op. cit.*, 19) en masses fibrolamellaires (passage à l'actinote) dans l'amphibolite de la Haute-Loire, à La Rigaudais en Donges (blanche ou vert pâle).

Le même savant signale l'asbeste (amiante) à la carrière du Landet à 3 km. N.-E. de La Chevrotière, à La Mercredière au S.-O. de La Haie-Fouassière; à La Rigaudais en Donges dans l'amphibolite de Saint-Jacques, etc. (voir aussi Dubuisson, *op. cit.*).

M. L. Bureau m'a communiqué de belles masses fibreuses vertes de ce minéral, qu'il a recueillies comme accident minéralogique dans la tranchée du chemin de fer de Ligné, ainsi qu'à La Vauvreci à l'est d'Oudon.

Les schistes à actinote se rencontrent dans de nombreux points de la Loire-Inférieure, sans qu'aucune localité mérite de mention spéciale.

Pyrénées. — L'actinote est assez abondante dans les cipolins et les amphibolites des gneiss des Pyrénées mais peu de gisements se recommandent par la beauté des échantillons qu'ils fournissent.

Basses-Pyrénées. J'ai recueilli, dans le tunnel de Cambô, des blocs d'actinote d'un vert foncé montrant parfois, dans des cavités, des cristaux n'ayant dans la zone prismatique que les faces *m* (110) ; ils sont associés à de gros cristaux de sphène, à de la pyrite et de l'épidote.

Hautes-Pyrénées. Les cipolins que l'on rencontre entre Chiroulet et le lac Bleu m'ont fourni de jolies masses fibrolamellaires d'une actinote vert clair associée à des cristaux d'épidote et d'oligoclase.

Ariège. Dans les épidotites de Cabre près Vicdessos, j'ai rencontré,

au milieu des blocs de malacolite décrits page 607, des veines d'actinote asbestiforme d'un vert bleuâtre, qui s'est formée à ses dépens.

Plateau Central. — *Haute-Loire*[1]. L'actinote en aiguilles entrelacées se trouve en nodules dans les gneiss des environs de Paulhaguet, de Saint-Ilpize ; des masses d'une actinote lamellaire d'un vert pâle se rencontrent entre le gneiss et la serpentine à Coureuges en Saint-Préjet.

Cantal. M. Rames m'a signalé des masses lamellaires d'actinote d'un vert clair dans les micaschistes du moulin de Clary (au fond du ravin) en Bonnac, des fibres soyeuses de trémolite dans les fentes des micaschistes au-dessous du village de Saint-Cernin.

M. Fouqué m'a remis des échantillons d'une belle actinote vert pâle qui forme des amas de plusieurs mètres cubes dans le gneiss de Saint-Poncy. A Saint-Mary-le-Plain, sur le talus de la route de Brioude, il a observé un banc (4 mètres d'épaisseur) d'une amphibole en longues fibres plissées, d'un gris verdâtre, passant à l'asbeste.

Haute-Vienne. Des cipolins sont intercalés dans les gneiss de Sussac et de Clos-de-Barre en Saint-Yrieix-la-Perche. La collection du Muséum possède un bloc de trémolite trouvé par M. Alluaud dans les cipolins de cette dernière localité ; ce minéral y formait des blocs de plusieurs kilogrammes constitués par des fibres blanches rigides de trémolite. Le minéral est fragile et, sous le choc du marteau, les aiguilles qui le constituent sont mises en liberté. Cette trémolite se trouve dans les anciennes collections, étiquetée « wollastonite de Saint-Yrieix ».

Rhône. Drian signale (*op. cit.*, 8) l'actinote en petites aiguilles dans les micaschistes de Fleurieux.

Loire. De belles masses fibrolamellaires d'actinote vert clair, dont les éléments constitutifs atteignent 4^{cm} de longueur, ont été trouvées à La Chardière près Bellegarde à la partie supérieure des gneiss ; elles sont parfois mélangées de talc blanc.

Alpes. — *Massif du mont Blanc.* — *Haute-Savoie.* La collection du Muséum renferme des échantillons d'actinote d'un beau vert d'herbe provenant du Haut des Pèlerins près Chamonix.

Isère. L'actinote, en masses fibrolamellaires d'un vert clair, se rencontre en nodules au grand Gleyzia près Allevard et dans les schistes cristallins de Huez près du Bourg-d'Oisans.

1. Le jade signalé dans la Haute-Loire par L. Pascal est la sillimanite (fibrolite) décrite page 56.

Esterel. — *Var*. On trouve l'actinote en très beaux échantillons dans les micaschistes de la rade de Cavalaire, de La Molle près Cogolin. M. des Cloizeaux a signalé (*op. cit.*, I. 99.), dans ce dernier gisement, des pseudomorphoses de trémolite en talc. M. Nentien m'a communiqué de ces pseudomorphoses provenant des environs de La Garde-Freynet. Je dois à l'obligeance du frère Onésime des échantillons de trémolite d'un blanc grisâtre recueillis à La Verne : ils sont formés par des aiguilles enchevêtrées de trémolite associées à du talc et à de la calcite.

Algérie. — *Constantine*. C'est probablement à l'actinote qu'il faut rapporter l'amphibole aciculaire qui a été décrite avec pyroxène dans les cipolins du cap de la Garde près Bône. Ces derniers sont intercalés dans la partie supérieure des micaschistes grenatifères du massif de l'Edough. Coquand (*Mém. S. G. F.* V. 30. 1854) a aussi signalé de la trémolite dans les cipolins qui se trouvent au-dessus des mines de fer de Belelieta; il a trouvé, dans les gneiss, de grandes masses d'actinote verte aciculaire ou bacillaire, rappelant celles de la rade de Cavalaire.

Madagascar. — M. Catat a rapporté d'Ambohimanga Atsimo [capitale des Tanalas soumis, sur le haut Mananjary (côte Est de l'île)] de superbes échantillons de trémolite, en partie transformés en talc. Ces pseudomorphoses ont été décrites par M. Jannettaz (Voir page 449); elles paraissent provenir de cipolins. La collection Catat renferme un bloc de cipolins de ce gisement, ou des environs (sud) de Tananarive; il contient de la trémolite associée à un diopside incolore.

Nouvelle-Calédonie. — Les micaschistes de la vallée du Diahot renferment de belles masses fibrobacillaires d'actinote.

3° *Dans les roches éruptives, comme produit d'altération.*

a) *Dans les diorites, diabases et gabbros.*

L'actinote se trouve dans beaucoup de roches éruptives grenues, comme produit secondaire formé sur place; elle est le plus souvent *microscopique*.

Dans les gabbros du Pallet, l'olivine en contact avec le labrador est entourée d'une zone périphérique d'actinote fibreuse (Voir page 176, fig. 5 et 6). La trémolite en fibres entrelacées abonde dans quelques gabbros (*euphotides à smaragdite*) de Corse.

Je ne cite ici que pour mémoire les amphiboles *d'ouralitisation* de toutes les roches éruptives pyroxéniques, l'amphibole formée étant le

plus généralement alumineuse et constituée par de la hornblende ou par sa variété la smaragdite.

A côté de ces cas de formation d'actinote et de trémolite par transformation du pyroxène des roches grenues, il y a lieu de signaler les cas très fréquents de production du même minéral dans les fentes des mêmes roches. Je citerai comme exemples les gisements suivants.

Pyrénées. — Il n'est peut-être pas un seul des innombrables gisements d'ophites qui ne renferme, bien qu'en quantité variable, des filonnets d'épidote associée à de l'asbeste ou à de l'actinote, qui peuvent même parfois remplacer le premier minéral. Ces deux substances sont souvent intimement mélangées et toutes deux implantées normalement à la paroi de la fissure qu'en général elles remplissent totalement.

On peut citer plus particulièrement les gisements suivants :

Basses-Pyrénées. L'ophite de Villefranque renferme, dans des parties très altérées, des cavités tapissées de houppes d'actinote d'un beau vert vif.

Landes. Port Sainte-Marie.

Haute-Garonne. Base nord de la montagne de Cagire près Arguénos, Thèbe dans La Barousse (d'après M. Gourdon).

Ariège. Lacourt, Vèbre, Vernaux, Lordat (asbeste), etc.

Algérie. — *Oran*. M. Gentil m'a communiqué des échantillons d'actinote, provenant d'Aïn-Ouerkal à l'ouest d'Aïn-Sefra. Cette amphibole, d'un vert clair, forme, dans une ophite altérée, des veines atteignant 8 centimètres d'épaisseur; elles sont constituées par le feutrage peu serré de longues aiguilles disposées, les unes perpendiculairement, les autres parallèlement aux parois de la fissure qu'elles remplissent. Ces groupements d'amphibole sont légers et poreux.

b) *Dans les roches microlitiques*.

On peut faire pour les roches microlitiques antétertiaires les mêmes observations que pour les roches grenues qui renferment de l'amphibole d'ouralitisation ; souvent aussi ces roches contiennent, dans leur masse ou dans leurs fissures, de l'actinote secondaire en aiguilles ou en masses fibreuses. Ce dernier cas est réalisé à Denée (carrière du Verinel), où les fentes d'une roche microlitique très altérée sont remplies par de la calcite, de l'albite et de longues fibres d'une actinote asbestiforme bleu lavande, qui a été inexactement décrite par Menière comme *crocidolite* (*Mém. Soc. acad. d'Angers*, XVIII. 1866). Cette amphibole a été aussi signalée par le même géologue à Savennières (carrière de la Coulée) et à Ingrandes (*Maine-et-Loire*).

Les roches volcaniques tertiaires sont dépourvues de ce genre d'amphibole ; je dois faire toutefois une exception pour l'andésite quartzifiée de Bou-Serdoun près de Collo (*Constantine*) : dans les cavités de cette roche, M. Gentil a en effet trouvé de longues aiguilles de byssolite d'un vert pâle intimement associées à de la calcite lamellaire suivant a^1 (0001) (*B. S. M.* XVII. 19. 1894).

c) *Dans les péridotites et dans leurs serpentines.*

Dans ce genre de gisement, la trémolite se trouve généralement sous forme d'asbeste, parfois en fibres flexibles (amiante) utilisables pour l'industrie. On la rencontre, soit dans les serpentines elles-mêmes, soit au contact de celles-ci et de la roche encaissante.

Pyrénées. — *Haute-Garonne.* J'ai recueilli des échantillons d'actinote fibreuse dans les fentes de la lherzolite serpentinisée du Tuc d'Ess en Coulédoux. L'amphibole d'ouralitisation des pyroxènes des lherzolites pyrénéennes est souvent de l'actinote.

Plateau Central. — *Aveyron.* La serpentine d'Arvieu est traversée par des veinules d'une trémolite d'un gris vert pâle passant à l'actinote, en masses fibrolamellaires dont les éléments atteignent 10^{cm} de longueur ; les échantillons que j'ai examinés ont été recueillis par M. Gaubert. La serpentine de ce gisement renferme des fibres courtes d'asbeste.

Haute-Loire. L'asbeste a été signalée par Pascal (*op. cit.*, 24) dans la serpentine de la ferme de Varenne, près Blavozy. On la trouve dans celle de Salzuit, de Pavillon près Nozeirolles, de Cissac près Saint-Ilpize, de Monistrol (route de Saugues), de Coureuges en Saint-Préjet-Armandon. L'asbeste est actuellement exploitée dans ce dernier gisement. M. Bouhard a bien voulu me donner à ce sujet quelques indications. Le minéral remplit des fentes irrégulières et ramifiées au contact de la serpentine et des schistes cristallins ; il est constitué par une asbeste en fibres rigides ayant en moyenne 25^{cm} de longueur ; les blocs exposés à l'air se délitent au bout de quelque temps, et il est possible alors d'en extraire des fibres flexibles. Ils sont accompagnés d'une biotite brune ou verte en grandes lames. Rarement les fibres sont enchevêtrées et produisent une roche tenace qui peut être considérée comme une sorte de jade.

M. Bouhard m'a en outre récemment communiqué de beaux échantillons d'une actinote vert émeraude clair, engagée dans la gédrite asbestoïde des

environs immédiats du village de Saint-Préjet-Armandon. Ces échantillons fort remarquables sont très fragiles. Ils se trouvent dans les serpentines.

A Madriat en Cistrières, des tentatives d'exploitation ont été faites sur une asbeste se présentant dans les mêmes conditions. Des fibres d'asbeste de 70^{cm} de longueur en ont été extraites.

Enfin l'asbeste a été trouvée encore à Jazinde en Villeneuve-d'Allier.

Cantal. Le même minéral forme des amas et de grandes fibres blanches ou grises dans la serpentine de Saint-Poncy, dans celle de La Gazelle (à l'est de Saint-Flour), etc.

Morvan. — *Saône-et-Loire.* L'asbeste rigide, en fibres atteignant 20^{cm}, a été rencontrée dans les serpentines des environs de Marmagne.

Corse. — L'asbeste, d'après les renseignements que je dois à l'obligeance de M. Nentien, existe d'une façon constante en auréoles épaisses de 10 à 20^{cm} au pourtour des massifs de serpentine, à leur contact avec les schistes amphiboliques. En certains points (Pietra Mala près San-Andrea di Cotone, au sud de Cervione ; col d'Orezza, au sud du Monte San Pedrone), cette bande est assez épaisse ($0^{m}60$ à 1^{m}) pour avoir à plusieurs reprises donné lieu à une exploitation.

L'asbeste qui en provient est rarement en fibres soyeuses ; elle affecte plutôt la forme connue sous le nom de *carton de montagne* et a besoin d'une préparation mécanique avant de pouvoir être utilisée.

Haüy rapporte (*op. cit.*, III. 249) que Dolomieu, dans un voyage qu'il fit en Corse, trouva de l'asbeste en telle abondance qu'il s'en servit pour emballer ses échantillons. L'asbeste mélangée à de l'argile a été employée en Corse pour faire des poteries légères, résistant bien à des alternances de froid et de chaud (Haüy, *op. cit.*, 252).

4° *Dans les fissures de roches variées, comme produit secondaire.*

a) *Dans les fissures des roches éruptives acides, des roches sédimentaires modifiées par elles et dans celles des schistes cristallins.*

J'ai réuni tous ces gisements dans un même paragraphe, car la trémolite que l'on y rencontre se présente toujours avec le même faciès (asbeste) ; elle devient parfois ferrugineuse et passe à l'actinote (byssolite). Elle est accompagnée de feldspaths (albite et adulaire), de quartz, d'axinite, d'épidote, etc., et se trouve dans tous les gisements

où ces minéraux ont été étudiés; je n'en rappellerai que quelques-uns. Ces minéraux se sont produits par voie hydrothermale et n'ont pas *nécessairement* été formés avec des matières empruntées à la roche encaissante comme dans le cas des roches basiques dont il a été question page 654.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. Les fentes des schistes et calcaires métamorphisés par le granite du massif du Néouvielle et particulièrement ceux qui se trouvent au sud de la vallée du Bastan (env. de Barèges), à La Piquette déras lids méritent d'être cités par leur richesse en asbeste, qui est blanche, soyeuse, à fibres flexibles. Elle est très souvent associée à l'albite et au quartz, soit dans les mêmes fissures, soit (fig. 3) dans des fentes distinctes. On la trouve aussi empâtée dans la calcite en grandes lames ou dans le quartz; elle constitue alors de longues fibres rigides implantées perpendiculairement à la paroi de la fissure. Ces fibres souvent courbes ont une légère teinte verdâtre due à une teneur variable, mais généralement peu élevée, en fer. C'est sous cette dernière forme que la trémolite se trouve dans le massif du pic du Midi de Bigorre et particulièrement au lac Bleu. Dans ces mêmes conditions la trémolite avec la calcite et le quartz remplit souvent complètement les fentes où elle s'est formée. M. Frossard m'a signalé l'existence de liège de montagne aux environs de Gèdres.

Fig. 3.
Échantillon de cornéenne (*b*) de contact du granite (Piquette déras lids), traversé par deux fentes tapissées, l'une par de l'*asbeste* (*a*), l'autre par des cristaux d'albite. (Réduction de moitié environ.)

Les fentes des schistes paléozoïques de Labassère sont remplies par des fibres rigides d'une trémolite ferrifère d'un vert pâle (passant à l'actinote) poreuse et légère.

Ariège. Je signalerai un cas intéressant de formation d'actinote au milieu des gneiss granulitiques coupés par la route d'Arnave à Cazenave. Ces roches très altérées sont criblées de fentes, les unes tapissées par des zéolites (voir à *stilbite*), les autres remplies par de l'acti-

note en fibres d'environ 5^{cm} de longueur. Elles sont d'un vert clair, rigides, mais très fragiles et peu cohérentes, de telle sorte que, par une simple pression du doigt, il est possible de les rendre libres. On ne peut recueillir de semblables échantillons sans avoir les mains criblées de petites aiguilles très aiguës, qui pénètrent facilement dans la peau. Ce gisement est fort intéressant, car il montre très nettement l'origine secondaire et probablement récente de cette actinote.

Au cours d'un récent voyage à Saint-Girons, M. Samiac m'a signalé un intéressant gisement d'asbeste qu'il venait de découvrir et que j'ai pu visiter grâce à ses indications. Au fond de la vallée d'Ustou, dans le lit du ruisseau d'Eichegué, tombant dans le cirque de Cagateille, on observe le contact du granite et des calcaires rubanés paléozoïques fortement métamorphisés. Ceux-ci, près du contact, sont traversés par des fentes remplies par une asbeste lignoïde d'un blanc verdâtre dont les fibres atteignent deux décimètres de longueur. Après exposition à l'air, elles se désagrègent facilement et il est possible d'en extraire des fils flexibles. Cette asbeste est la plus belle que j'aie eu l'occasion d'observer dans les Pyrénées.

Alpes. — *Haute-Savoie. Massif du mont Blanc.* Les fentes de la protogine et des schistes cristallins sont également très riches en asbeste (ou en byssolite) qui présente les particularités de celle des environs de Barèges; cette ressemblance se poursuit dans tous les autres minéraux communs à ces deux régions françaises (albite, épidote, axinite, prehnite, etc).

Savoie. Les anciens minéralogistes et notamment Haüy (*op. cit.*, III. 249. 1801) citent la Tarentaise comme fournissant de très beaux échantillons d'asbeste en filaments soyeux de plus de 3^{cm} de longueur. D'après Lucas (*Tabl. des espèces minérales*, 1813. 1387), les plus beaux échantillons proviennent de la vallée de Sainte-Foix, au pied du mont Valaisan et du col de Mont. Un échantillon de la collection du Muséum indiqué comme provenant de cette région renferme une association d'asbeste et de quartz compact. J'ai vu de beaux échantillons d'asbeste blanche provenant du Petit-Saint-Bernard.

M. Marcel Bertrand a trouvé de longues fibres d'asbeste dans les cargneules triasiques des environs du Villard au nord de Thermignan.

Isère. La byssolite se rencontre en abondance en fibres blanches

ou en aiguilles vertes dans les fentes à minéraux du Dauphiné : ce sont ces aiguilles que les anciens minéralogistes appelaient « asbestoïde » (Voir *albite*, *adulaire*, pour l'indication des gisements).

b) *Dans les filons métallifères.*

Pyrénées. — *Ariège*. L'asbeste est assez abondante dans les filons de galène des environs de Sentein, où me l'a signalée M. Edwards.

Alpes. — *Isère*. L'asbeste et l'amiante ont été très anciennement indiquées par Schreibert (*J. P.* XXIV. 383. 1784) comme formant avec calcaire la gangue des filons argentifères et cobaltifères de la montagne des Chalanches. C'est au milieu de cette amphibole blanche que l'on a trouvé autrefois de l'argent rouge (pyrargyrite ou proustite).

La collection du Muséum renferme un bel échantillon d'asbeste lignoïde et flexible provenant de ces filons de Chalanches; il a été recueilli par M. Vaussenat pendant une exploitation moderne de la mine. Un très vieil échantillon de la même collection, provenant également du même gisement, est formé par le feutrage de longues aiguilles d'actinote d'un vert pâle ayant moins de $0^{mm}01$ de diamètre. Cet échantillon est léger et poreux; il est associé à de la calcite lamellaire.

Gisements de nature incertaine.

Nouvelle-Calédonie. — On sait que le jade de la Nouvelle-Zélande est associé à des schistes verts. Je n'ai aucun renseignement sur les conditions de gisement de celui de la Nouvelle-Calédonie.

Les indigènes canaques se servaient encore, au moment de la conquête de l'île, de haches et de divers objets de parure en jade vert pâle ou vert foncé, qui abondent actuellement dans les musées ethnographiques. L'analyse *c*) a été donnée par M. Meyer (*Jade u. Nephr*. 1883. 54). Ce jade a été aussi étudié par M. Schoetenrack (*Zeitschr. f. Ethnogr*. 1887. 137), qui donne comme caractéristique la structure zonée formée par la succession de bandes claires et foncées. Ce jade renferme des inclusions de rutile.

AMPHIBOLES ALUMINEUSES

Les amphiboles alumineuses sont beaucoup plus complexes que les précédentes ; elles forment des séries intéressantes, que l'on peut divi-

ser de la façon suivante en se basant d'une part sur la composition chimique et de l'autre sur les propriétés optiques :

		Coloration.	Absorption.	$n_g : c$
Hornblendes.	*Édénite*	verte plus ou moins foncée ou brune	$n_g > n_m > n_p$	15° à 25°
	Pargasite			
	Hornblende commune.			
	Hornblende basaltique	brune		0° à 10°
	Barkevicite			12° à 14°
Katoforites		jaune et violette	$n_m > n_g > n_p$	30° à 60°
Arfvedsonites	*Crocidolite*..........	verte et bleue	$n_p > n_m > n_g$	65° à 70°
	Arfvedsonite			75°
	Riebeckite			85° à 86°
Glaucophane		bleue	$n_g > n_m > n_p$	4° à 6°

Le diagramme de la page suivante montre la variation de l'angle de n_g avec l'axe vertical; il renferme les dernières données fournies par M. Brögger (*Die Eruptivgesteine des Kristianiagebiete*, Kristiania, 1894) sur l'arfvedsonite et sur le nouveau type la *katoforite*. Pour la composition chimique de ces amphiboles, voir page 634.

HORNBLENDES

Le nom d'*édénite* est réservé aux hornblendes de couleur claire renfermant moins de 5 °/₀ de fer ; celui de *pargasite*, aux hornblendes de couleur claire à bissectrice aiguë positive.

La *smaragdite* est une hornblende peu ferrifère d'un vert émeraude.

Le nom de *hornblende commune* est donné à la hornblende verte ou brunâtre, et celui de *hornblende basaltique* au type noir très ferrifère, ayant un faible angle d'extinction.

La *barkevicite* est une hornblende noire sodique. Ces diverses variétés du même minéral présentent entre elles de nombreux passages.

Les paramètres et la liste des angles ont été donnés page 642.

Formes observées. p (001) ; m (110), h^1 (100), g^1 (010), g^2 (130), h^3 (210) ; o^1 (101), a^1 ($\bar{1}01$); e^1 (011), $e^{1/3}$ (031), $\theta = (b^1\, d^{1/3}\, g^1)$ ($\bar{1}21$), a_3 ($\bar{2}11$).

Toutes ces faces ont été observées dans la hornblende basaltique.

Macles. — Macles suivant h^1 (100) quelquefois polysynthétiques.

Macles d'origine secondaire accompagnant les plans de séparation suivant p (001).

Faciès des cristaux. Les cristaux de hornblende sont souvent allongés suivant l'axe vertical (fig. 3). Souvent aussi ils sont également développés suivant leurs trois axes cristallographiques ou même raccourcis suivant l'axe vertical. La hornblende basaltique et celle des

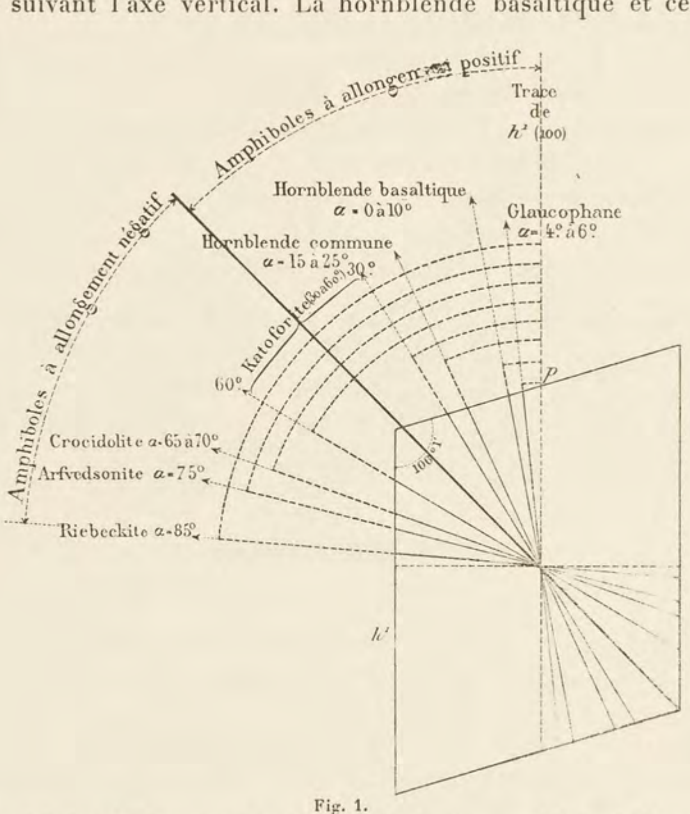


Fig. 1.

Epure de la face g^1 (010) montrant la position de n_g dans les diverses amphiboles alumineuses. L'angle $n_g\, c = \alpha$.

druses de roches volcaniques ont seules un grand nombre de faces, mais elles sont rarement assez brillantes pour pouvoir être mesurées. Dans les hornblendes des calcaires les faces de la zone verticale sont généralement seules distinctes.

Les hornblendes se présentent souvent en masses fibrolamellaires, mais elles sont beaucoup plus rarement fibreuses que les actinotes. Il faut faire cependant exception pour la hornblende d'ouralitisation qui

est parfois formée par le groupement à axes parallèles d'un grand nombre de petites aiguilles.

Clivages. Clivages m (110) parfaits; dans la hornblende basaltique, ils donnent des lames remarquablement brillantes. Clivages h^1 (100) et g^1 (010) parfois distincts. Plans de séparation accompagnés de macles polysynthétiques suivant h^1 (100) et p (001).

Dureté. 5,5.

Densité. 3 (édénite) à 3,47 (hornblende); 3,002 h. commune d'Aydat, 3,059 h. commune du Thillot, 3,077 pargasite des cipolins d'Arignac, 3,08 h. commune de Saint-Philippe, 3,092 h. brune d'une diorite de Nouvelle-Calédonie, 3,095 h. commune de la route d'Aize près Limoges, 3,104 h. basaltique de L'Argillier (Gonnard); 3,147 h. brune des enclaves de Riveau Grand, 3,171 h. brune de Lherz, 3,236 h. basaltique des tufs basaltiques de Chenavari.

Coloration et éclat. — Incolore, grise ou vert pâle dans l'édénite; verte ou bleu verdâtre, brun clair (pargasite); vert plus ou moins foncé à vert noir ou brun noir (hornblende commune); noire (horblende basaltique et barkevicite). Transparente en lames minces.

Éclat vitreux, parfois extrêmement vif sur les lames de clivage (hornblende basaltique et barkevicite, etc.).

Inclusions. La hornblende ne renferme aucune inclusion caractéristique. Dans quelques roches éruptives (diorites du sud d'Ax, enclaves trachytiques du trachyte du mont Dore, etc.), on observe des inclusions ferrugineuses, rappelant celles du diallage et de l'hypersthène.

Dans les schistes cristallins et particulièrement dans les roches amphiboliques du niveau des micaschistes, les inclusions de rutile sont abondantes, mais ne présentent pas de dispositions spéciales.

Les inclusions vitreuses sont très fréquentes dans la hornblende des roches volcaniques.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Dans g^1, n_g fait avec l'axe vertical des angles variables dans l'angle obtus de ph^1 (001) (010) (fig. 1) :

0° à 10° dans la hornblende basaltique;

12° à 14° dans la barkevicite;

15° à 25° dans la hornblende commune, la pargasite et certaines hornblendes brunes.

Cet angle paraît augmenter avec la teneur en alumine. Il est aussi lié à l'état d'oxydation du fer, ainsi qu'en témoignent de récentes expé-

riences. M. C. Schneider (*Z. K.* XVIII. 580. 1891), en effet, ayant chauffé au rouge, dans la vapeur d'eau, des hornblendes volcaniques dont l'angle d'extinction était de 2° à 8°30', a vu cet angle tomber à 0° en même temps que l'intensité de la coloration et de l'absorption augmentait et que le FeO se transformait en Fe^2O^3. L'amphibole avait pris les caractères de la hornblende basaltique.

M. Belowsky (*N. J.* I. 1891. 291) a opéré les mêmes transformations en chauffant, pendant une heure, de la hornblende commune dans un creuset de platine.

Ces deux expériences rendent probable la modification des propriétés optiques de certaines hornblendes postérieurement à leur cristallisation.

La bissectrice aiguë est *négative* dans la plupart des hornblendes, *positive* dans la pargasite.

L'écartement des axes varie dans des limites assez étendues.

2 V = 59° pargasite de Pargas (Tschermak); angle d'extinction dans g^1 : 18°;
79° hornblende basaltique d'Aurillac; — 1° à 2°;
84° hornblende commune du Limousin; — 20°.

La dispersion inclinée est nette, avec $\rho < v$ autour de n_p : on observe $\rho > v$ autour de n_g.

Nous avons, M. Michel Lévy et moi, mesuré les indices de réfraction suivants (lumière du sodium) :

	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$
Pargasite de Pargas	1,632	1,620	1,613	0,019
Hornblende commune de Kragerö	1,653	1,642	1,629	0,024
Hornblende basaltique de Bilin	1,752	1,725	1,680	0,072

On voit que la hornblende basaltique est la plus biréfringente de toutes les amphiboles.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme des hornblendes colorées est toujours net avec maximum suivant n_g. Il est généralement plus intense dans la hornblende brune que dans la verte.

On trouve souvent, dans une même catégorie de roches, des hornblendes de couleur très différente (trachytes et andésites du Plateau Central).

Il n'est pas rare de rencontrer des hornblendes formées de zones de couleur variée, dues à des compositions différentes et surtout sans doute à des degrés différents d'oxydation du fer.

Les teintes de pléochroïsme sont extrêmement variées; voici les

teintes observées dans des échantillons de quelques gisements français. Lames minces de 0^{mm} 02.

	n_g	n_m	n_p	Angle d'extinction dans g^1
Hornblende commune du granite de Vaugneray	vert pâle	brun pâle	brun clair	17°
— commune de l'éclogite de St-Colombin	vert bleuâtre	vert clair	jaune clair	18°
— du gneiss de Saint-Brévin	vert olive foncé	vert brunâtre foncé	jaune brunâtre clair	20°
— — de Boulvas en Plouider	vert brun sombre	brun foncé	jaune clair	20°
— — de Greffen en Roscoff	vert bleu intense	vert	jaune clair	20°
— des enclaves de trachyte dans trachyte (Riveau Grand)	jaune rouge	jaune brunâtre	jaune presque incolore	20°
— de la lherzolite et des hornblendites des Pyrénées	jaune d'or foncé	jaune clair	jaune presque incolore	15°
— basaltique des tufs d'Auvergne				0° à 2°
— de la labradorite de la Piquette déras lids	brun foncé	brun foncé	brun ou jaune pâle	1°
— des andésites du Cantal				0° à 12°
— — —	vert foncé	vert brunâtre	jaune verdâtre	12° environ
— des ségrégations des andésites à hornblende du mont Dore	brun rouge	brun clair	jaune pâle	4°
Barkevicite de la syénite néphélinique de Pouzac (centre des cristaux)	brun	brun rouge	jaune brunâtre	12°
— — (périphérie »)	vert plus ou moins foncé, parfois bleuâtre	vert	jaune verdâtre	

La hornblende des roches anciennes renferme parfois des *auréoles pléochroïques* autour des inclusions de zircon, d'allanite, etc. ; la biréfringence et la réfringence y augmentent [Vaugneray (*Rhône*), Chiron en Saint-Philibert-de-Grandlieu et La Chevrottière (*Loire-Inférieure*), etc.].

Groupements réguliers de hornblende et d'autres minéraux. — Hornblende et pyroxène. — Les hornblendes se groupent à axes parallèles avec l'hypersthène et les pyroxènes monocliniques. Ces dernières associations sont les plus fréquentes. Les deux minéraux ont leurs axes cristallographiques en coïncidence, leurs faces *p* (001) étant sensiblement le même plan. L'association se fait parfois par accolement de deux cristaux, suivant une surface plane ou irrégulière (lherzolite

de Sem (*Ariège*)); mais le plus souvent il y a interpénétration des deux minéraux, la hornblende formant des facules dans le pyroxène ou l'entourant. C'est particulièrement le cas des hornblendes brunes des gabbros, des diabases grenues, etc. (port de Saleix, environs de Saint-Béat), dans lesquels cette amphibole paraît primaire.

Les groupements par *ouralitisation* ont été décrits, page 579; on verra plus loin les groupements inverses qui s'observent dans les roches volcaniques où l'augite se forme aux dépens de la hornblende.

Hornblende et mica. — On a vu, page 315, que la biotite s'associe volontiers à la hornblende en s'accolant sur ses clivages. Ces groupements peuvent être primaires ou secondaires.

Hornblende et hornblende. — Dans les trachytes et andésites enclavés dans les trachytes du mont Dore, on constate fréquemment la formation drusique de cristaux de hornblende. L'examen microscopique de ces enclaves montre qu'elles sont imprégnées par cette hornblende néogène, qui vient souvent nourrir les grands cristaux anciens du même minéral constituant un élément normal de la roche. Tandis que la hornblende ancienne possède une extinction voisine de 0°, la hornblende néogène, au contraire, a une extinction de 20° dans g^1 (010) et possède, en outre, une intensité de pléochroïsme différente (*Les encl. des roches volc.* 248). Elle s'oriente aussi sur l'augite et forme ainsi des groupements analogues à ceux que vom Rath a signalés dans les druses des enclaves de la lave de l'éruption du Vésuve de 1872, mais, dans ce dernier cas, les deux minéraux groupés étaient néogènes.

Hornblende et feldspaths. — Dans les gneiss amphiboliques, on rencontre très fréquemment des groupements dentelliformes de hornblende et de feldspaths tricliniques. Quand ils se produisent d'une façon régulière autour des cristaux de grenat, on a les groupements kélyphitiques dont il a été question page 137 (fig. 28 et 29) et page 582 (fig. 16).

Dans une lherzolite du Tuc d'Ess, j'ai trouvé de curieuses transformations de toute la roche en un mélange de hornblende verte dentelliforme dans de l'anorthite : elle englobe parfois du spinelle vert.

Composition chimique. Les proportions de sesquioxydes sont variables comme aussi celles du fer : celui-ci existe souvent à l'état de FeO et de Fe^2O^3. Les expériences de MM. Schneider et Belowski montrent que le Fe^2O^3 peut être produit secondairement par oxydation du FeO. La hornblende basaltique est souvent très sodique ; la quantité d'alumine dépasse 8 % dans la barkevicite, qui est également riche en soude.

Analyses :

a) de la *smaragdite* de l'euphotide de Fiumalto, par Boulanger (*A. M.* VIII. 159. 1835);

b) du diallage ouralitisé de la diabase d'Odern, par Delesse (*A. M.* XVI. 331. 1849);

c) de la *hornblende* du Thillot, par Delesse (*A. M.* XVI. 340. 1849);

d) de la *hornblende* du granite à amphibole de Servance, par Delesse (*A. M.* XIII. 680. 1848);

e) de la *hornblende* des cipolins de Saint-Philippe, par Delesse, (*A. M.* XX. 164. 1851);

f) de la *hornblende* brune de l'amphibolite d'Avenas, par Drouot (*A. M.* VIII. 307. 1855);

g) de la *hornblende* de la diorite de Pondière, près du lac Aydat, par v. Lasaulx (*N. J.* 248. 1874);

h) de la *hornblende* de la diorite orbiculaire du val d'Orezza, par Rupprecht (*Inaug. Dissert. Erlangen*, 1889. 20 et *Z. K.* XX. 311, 1892);

i) de la *hornblende* de la diorite orbiculaire du val d'Orezza, par Delesse (*Ann. ch. phys.* XXIV. 438. 1848);

j) de la *hornblende* de la diorite de Faymont (val d'Ajol), par Delesse (*A. M.* XVI. 359. 1849).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)	*f*)	*g*)	*h*)	*i*)	*j*)
SiO^2........	40,80	49,30	50,04	47.40	44,82	50,00	44,50	45,77	47,88	41,99
Al^2O^3......	12,60	5,50	8,95	7,35	13,18	8,50	10,36	13,82	8,23	11,86
Cr^2O^3......	2,00	0,30	0,24	»	»	»	»	»	0,50	»
Fe^2O^3......	»	»	»	»	»	»	11,28	5,93	»	»
FeO........	3,20	9,43	9,59	15,40	11,17	15,70	»	6,33	16,15	22,22
MgO........	11,20	17,61	18,02	15,27	19,48	12,30	17,31	15,68	18.40	12,59
CaO........	23,00	15,43	11,48	10,83	9,69	12.50	13,44	10,74	7,05	9,55
MnO........	1,40	0,51	0,20	»	»	»	»	»	»	»
K^2O........	»	»	0,08	»	»	»	2,45 (K²O + Na²O)	»	0,14	1,32 (K²O + Na²O)
Na^2O........	»	»	0,81	2,95	»	»		0,92	0,65	
H^2O........	5,20	»	»	1,00	1,66	1,00	0,36	»	1,00	»
Perte........	»	0,85	0,59	»	»	»	»	»	»	0,47
	99,40	98,95	100,00	100,00	100,00	100,00	99,70	99,19	100,00	100,00
Densité	»	»	3,059	»	3,08	»	3,002	»	»	»

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fond assez facilement avec bouillonnement en un verre ou un émail jaune verdâtre ou noir, suivant la teneur en fer. La hornblende basaltique et la barkevicite fondent plus facilement que les hornblendes communes; la barkevicite colore fortement la flamme en jaune (soude).

Altérations. Altérations atmosphériques. — Les altérations atmosphériques de la hornblende commune sont assez fréquentes ; elles con

sistent dans le développement de chlorite dans les clivages ou à la périphérie des cristaux ; souvent ces chlorites sont accompagnées d'épidote, de calcite, de sidérose, de quartz, parfois de produits argileux colloïdes (amphibole du granite de Vaugneray).

La chloritisation s'effectue parfois d'une façon régulière en gagnant de proche en proche par la périphérie et le long des clivages et en donnant à la pseudomorphose une apparence fibreuse (hornblendes des roches éruptives anciennes et des roches métamorphiques).

Transformation en biotite. — Assez fréquemment, de la biotite se développe dans les clivages de l'amphibole et l'épigénise ainsi peu à peu ; cette transformation en biotite est parfois liée à des déformations dynamométamorphiques de la roche qui renferme l'amphibole [hornblendites de l'étang de Lherz (*Ariège*)].

Transformation en biotite et épidote. — Dans la syénite néphélinique de Pouzac, j'ai observé (*B. S. G.* XVIII. 515. 1890) la transformation fréquente de la barkevicite en un mica verdâtre, ayant à peu près la même couleur qu'elle ; tantôt la transformation est incomplète, tantôt elle est totale. La biotite est souvent accompagnée d'épidote, avec laquelle elle forme des associations pegmatoïdes, analogues à celles de la biotite et de l'ægyrine, constituant les pseudomorphoses de la barkevicite du Langesundfjord désignées sous le nom de *ptérolite*.

Les altérations atmosphériques sont extrêmement rares dans les hornblendes basaltiques des roches volcaniques récentes.

Transformations dues à l'action de la chaleur et à celle des magmas volcaniques. — La hornblende des roches microlitiques est souvent arrondie, corrodée, fondue et entourée soit par une bordure continue opaque, soit par une zone de grains de magnétite avec ou sans grains d'augite. Il n'est pas rare de voir ceux-ci orientés sur le cristal aux dépens duquel ils se sont formés.

Dans les andésites et labradorites du Velay notamment, on observe très fréquemment des moules de cristaux de hornblende entièrement formés par des microlites d'augite et des grains de magnétite orientés comme l'amphibole disparue et mélangés à des microlites feldspathiques disposés d'une façon quelconque (fig. 2, empruntée à M. Boule).

Ces transformations sont fréquentes dans toutes les roches volcaniques d'Auvergne (*trachytes*, *phonolites*, *andésites*, *labradorites* et *basaltes*),

mais elles se rencontrent surtout dans celles de ces roches qui se sont épanchées et se sont refroidies lentement; ils manquent généralement ou sont peu développés dans les roches à magma vitreux, consolidées brusquement, ainsi que dans beaucoup de filons. Ces phénomènes de résorption ne sont pas spéciaux aux roches volcaniques tertiaires ou post-tertiaires : on les trouve naturellement dans les roches similaires anté-tertiaires.

Dans les bombes à hornblende, englobées par les basaltes, on rencontre des phénomènes du même genre. A Montaudou (*Puy-de-Dôme*), notamment, les grands cristaux de hornblende, comme aussi ceux de biotite, sont plus ou moins corrodés et remplacés par des groupements cristallitiques d'augite et de produits ferrugineux simulant le squelette d'un grand cristal (*Les encl. des roches volc.* pl. VIII fig. 3 et 12).

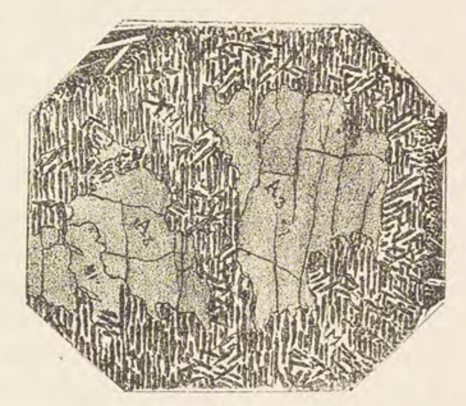


Fig. 2.
Lame mince taillée dans la labradorite de La Bessevre (*Haute-Loire*) et montrant un cristal de hornblende (A_3) en voie de transformation en augite et en cristallites ferrugineux.

Si dans le cas des grands cristaux des roches volcaniques, on peut attribuer ces phénomènes de recristallisation à l'action du magma lui-même sur ses éléments anciens, il n'en est plus de même pour les transformations de la hornblende de ces enclaves qui s'effectuent dans des blocs de grande taille dont le centre n'est pas en contact avec le magma volcanique ; dans ce cas, l'action de la chaleur peut être seule invoquée. On sait, du reste, qu'en fondant de la hornblende dans un creuset et en la recuisant d'une façon convenable, on obtient des cristaux d'augite et de magnétite.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La hornblende se rencontre dans un grand nombre de gisements; quelques-unes de ses variétés sont caractéristiques de certains d'entre eux.

Je la considérerai successivement :

1° Dans les roches éruptives ;

2° Dans les roches sédimentaires métamorphisées au contact des roches éruptives;

3° Dans les schistes cristallins.

1° *Dans les roches éruptives.*

a) *Dans les roches granitiques (granite, granulite) et dans la syénite.*

Dans le granite, l'amphibole appartient au type hornblende commune ; elle se présente en individus allongés suivant l'axe vertical et le plus souvent dépourvus de formes géométriques. Quelquefois cependant, on peut en extraire des cristaux distincts, montrant les formes *m* (110), g^1 (010) et le plus souvent des sommets arrondis dans lesquels on reconnaît quelquefois les faces e^1 (011) avec ou sans *p* (001) (fig. 3). Je ne citerai à cet égard que deux gisements : le granite de Cauterets (*Hautes-Pyrénées*), où j'ai recueilli des cristaux de hornblende très nets ayant $1^{cm}8$ de longueur, et une variété de granite pauvre en quartz et riche en sphène du lac Lovitel en Oisans (*Isère*).

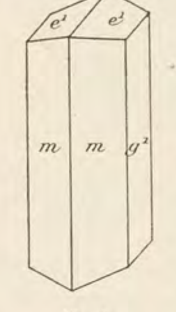


Fig. 3.
Hornblende du granite de Cauterets.

La hornblende du granite est d'un vert plus ou moins foncé, parfois d'un brun vert. Elle renferme souvent des inclusions de magnétite, d'ilménite, d'oligiste, de sphène, de zircon, d'apatite, de biotite; ce dernier minéral s'accole sur les clivages de l'amphibole. La hornblende a cristallisé après la biotite et avant les feldspaths : elle est parfois associée à du pyroxène.

La même amphibole est très abondante dans certaines des enclaves micacées du granite; enfin, elle devient extrêmement abondante dans les parties des massifs granitiques en contact avec des roches sédimentaires basiques.

Dans les Pyrénées de l'*Ariège*, au sud d'Ax et de Quérigut notamment, on observe des granites extrêmement amphiboliques au contact des calcaires précambriens, siluriens, dévoniens et carbonifères. Des faits d'endomorphisme du même genre ont été signalés par M. Michel Lévy dans le Beaujolais, etc.

Je rappellerai que beaucoup de granites à amphibole étaient autrefois considérés comme des syénites : c'est ce qui a lieu particulièrement pour le granite à amphibole des Ballons (*Vosges*), dont l'amphibole a

été analysée par Delesse (analyse *d*). La hornblende des syénites françaises ne diffère pas, du reste, de celle des granites.

b) *Dans les microgranulites et les rhyolites (porphyres).*

La hornblende est peu abondante, en général, dans les microgranulites et les porphyres pétrosiliceux français; elle appartient à la variété verte dans la première de ces roches (Saint-Just-en-Chevalet, M. Michel Lévy); elle est souvent noire (brune en lames minces) dans les secondes; elle s'y rencontre en grands cristaux intratelluriques.

La dacite de Saint-Raphaël renferme, dans la carrière du Dramont, des enclaves granitoïdes (diorite anorthique) contenant des cristaux de hornblende de plusieurs centimètres de longueur.

c) *Dans les syénites néphéliniques.*

La syénite néphélinique de la Serre de Pouzac renferme une amphibole en cristaux noirs qui, dans certaines parties de la carrière de la Sablière, deviennent extrêmement abondants. On peut extraire de cette roche des cristaux distincts d'environ 2^{mm} suivant l'axe vertical; malheureusement, ils sont toujours très altérés et très fragiles. Dans la zone prismatique ils présentent les faces *m* (110), g^1 (010), plus rarement h^1 (100); ils sont parfois terminés par e^1 (011) et *p* (001).

Dans les lames minces, on constate que cette amphibole est brune ou verte dans des cristaux distincts ou dans un même individu. Le centre des cristaux est le plus souvent brun. L'angle d'extinction maximum dans g^1 (010) est d'environ 12°. Le minéral fond facilement en colorant la flamme en jaune. Toutes ces propriétés sont celles de la barkevicite (*B. S. G.* XVIII. 513. 1890).

J'ai observé les curieuses transformations de cette amphibole en biotite et épidote qui ont été décrites p. 668 et qui rappellent la ptérolite du Langesundfjord.

Une amphibole très analogue, en aiguilles atteignant 1^{cm} avec formes nettes dans la zone verticale, est extrêmement abondante dans des roches intéressantes trouvées par MM. Seunes et Beaugey dans les Basses-Pyrénées (*C. R.* CIX. 509. 1889), particulièrement au km. 9 sur la route d'Arudy à Saint-Christau et à Herere. La roche possède la structure de celle de Pouzac; de grands cristaux de hornblende, d'augite violacée (avec structure en sablier fréquente), de l'ilménite et de la

magnétite sont englobés par de grands cristaux de feldspaths, aplatis suivant g^1 (010) (orthose faculée d'anorthose, oligoclase) et laissant entre eux des vides, remplis par une substance entièrement transformée en produits colloïdes (et peut-être en cancrinite). Il est possible que cette substance décomposée ait été de la néphéline.

d) *Dans les diorites, diabases et gabbros.*

L'amphibole primaire des diorites est généralement de la hornblende commune, d'un vert plus ou moins foncé : elle est parfois automorphe, rarement ophitique par rapport au feldspath (diorite orbiculaire de Santa Lucia de Talano (*Corse*)). Ce type de hornblende est extrêmement fréquent dans les diorites de Bretagne, du Plateau Central.

Plus rarement, l'amphibole des diorites est d'un vert clair, presque incolore en lames minces ; c'est le cas des diorites très amphiboliques et micacées du sud d'Ax (mont Bedeilla), qui perdent parfois leur feldspath basique et passent à des picrites à hornblende riches en inclusions diallagiques.

Enfin, quelques diorites renferment de la hornblende noire, qui se trouve aussi parfois dans les diabases et les gabbros comme élément accessoire. Cette hornblende est brune en lames minces, très pléochroïque, et se rapproche souvent, par ses propriétés, de la hornblende basaltique; elle est plus pléochroïque que la verte; son angle d'extinction est plus faible et souvent voisin de 0°. Comme types de cette hornblende, je citerai celle des diorites augitiques du port de Saleix (*Ariège*), celle d'Eup près Saint-Béat (*Haute-Garonne*), dont les feldspaths sont plus ou moins complètement transformés en dipyre.

Je citerai aussi à cet égard une superbe roche que m'a communiquée M. Nentien. C'est une diorite formant un dyke dans le granite entre Levie et San Gavino (arrondissement de Sartène) (*Corse*). Cette roche est analogue à celle qui, près de Santa Lucia de Tallano, renferme à l'état d'enclave la diorite orbiculaire. Elle est essentiellement formée par de la hornblende noire en cristaux atteignant 5^{cm} de longueur et contenant (structure pœcilitique) de grands cristaux d'hypersthène et d'anorthite (fig. 4). Ces cristaux présentent des macles polysynthétiques microscopiques suivant h^1 (100).

Des diorites à cristaux de hornblende verte atteignant 10^{cm} de longueur m'ont été remises aussi par M. Nentien, qui les a recueillies à Aullène et à la tour de la Parata.

La hornblende est plus abondante encore comme minéral secondaire que comme élément normal de roches étudiées dans ce chapitre; elle y existe comme produit d'ouralitisation des pyroxènes, et la plupart des diorites des anciens auteurs français ne sont autre chose que des diabases ouralitisées. C'est particulièrement le cas des ophites des Pyrénées.

Je ne reviendrai pas sur les détails de ces transformations, qui ont été exposées page 579. On a vu que l'amphibole d'ouralitisation est de l'actinote ou de la hornblende commune, d'un vert plus ou moins foncé; mais, dans quelques cas, elle est formée par de la smaragdite d'un beau vert émeraude ou par de la glaucophane qui sera étudiée plus loin.

La *smaragdite* épigénise le diallage des gabbros (euphotide), dont les feldspaths sont généralement en même temps saussuritisés. Elle conserve souvent la structure et les inclusions du minéral qu'elle épigénise. Au microscope, elle se présente sous forme de plages fibreuses incolores ou à peine colorées en vert très pâle. La smaragdite est souvent rattachée à l'actinote; l'analyse *a*) ne laisse aucun doute sur son attribution à la série de la hornblende, car elle montre une forte proportion d'alumine.

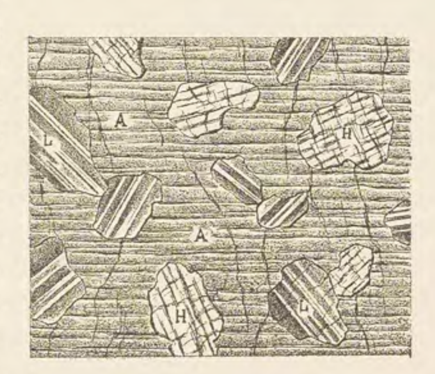


Fig. 4.
Lame mince taillée dans un cristal de hornblende (A) de la diorite de Levie: elle renferme des cristaux d'anorthite (L) et d'hypersthène (H). (Lumière polarisée. Grossissement de 30 diamètres environ.)

Les gisements français de gabbros (euphotide) à smaragdite sont peu nombreux; ils se trouvent dans les Alpes au mont Genèvre et en Corse (*verde di Corsica*). M. Nentien a bien voulu me signaler les gisements corses suivants : versant E. de la crête séparant la haute vallée du Fium' Alto (ancienne Pieve d'Orezza) de celle de la Casaluna (affluent du Golo) entre le Monte Calleruccio et la Punta de Caldane. De nombreux fragments roulés de cette roche se trouvent dans les ravins descendant vers Piedipartino et Stazzona, ainsi que dans les affluents supérieurs de droite de l'Alesani. Les gisements des marines de Giottani et d'Albo (versant O. du cap Corse) sont moins beaux.

Le nom de smaragdite a été créé par H.-B. de Saussure pour désigner à la fois la smaragdite actuelle et le diallage (*Voyage dans les Alpes*. III. 1796). Haüy (*op. cit.*, III. 125) remplaça ce nom par celui de *diallage*, sans toutefois séparer les deux minéraux. Werner (*Hoffmann Mineralogie*, 1815. 2 b. 302) considérait la smaragdite comme une variété grenue d'actinote ; il cite notamment celle de Corse. G. Rose (*Reise Ural*. 1892. II. 375 et 354) a étudié plus tard le minéral de Corse et l'a assimilé à son *uralit*, lui ayant trouvé des formes de l'augite avec les clivages de l'amphibole.

e) *Dans les péridotites, les pyroxénolites et les amphibololites.*

La hornblende existe dans les roches éruptives non feldspathiques françaises sous deux formes : sous celle de hornblende verte et sous celle de hornblende brune.

Le hornblende verte forme l'élément constitutif des picrites à hornblende que j'ai trouvées dans divers points de l'Ariège, dans le massif du Saint-Barthélemy et au sud d'Ax (mont Bedeilla), etc. Ses cristaux atteignent plusieurs centimètres : sur leurs clivages, on observe des taches sombres dues à la présence d'olivine à grains orientés d'une façon quelconque rappelant ainsi la structure bien connue dans la bastite de Baste (structure pœcilitique).

Les picrites à hornblende paraissent avoir constitué la roche originelle d'un certain nombre de serpentines du Plateau Central, et en particulier de celle de Pentézac près Arvieu, dont M. Gaubert m'a remis récemment des échantillons, de celle des Lardons (*Haute-Loire*). M. Termier et M. Boule en ont signalé un autre gisement dans la Haute-Loire (Marlhes).

La hornblende noire (d'un beau jaune foncé en lames minces) constitue un élément essentiel d'une belle variété de lherzolite que j'ai trouvée à Caussou (*Ariège*) ; enfin elle constitue un élément essentiel des diallagites et des hornblendites (roches exclusivement formées de hornblende en lames de 1^{cm}) que j'ai rencontrées en filons dans certains gisements lherzolitiques de l'Ariège (étang de Lherz en particulier). Dans quelques gisements de lherzolite, cette amphibole forme, dans les fentes de la roche, des veinules n'ayant que quelques centimètres de diamètre.

Cette amphibole ressemble parfois, à l'œil nu, à la hornblende basaltique ; elle en diffère par son angle d'extinction dans g^1 (010), qui est

de 15°, et sa biréfringence plus faible. Elle fond au chalumeau avec bouillonnement en un verre noir. Elle présente des phénomènes de déformations mécaniques des plus intenses souvent accompagnés par une transformation partielle en biotite.

A côté de ces hornblendes primaires, il y a lieu de faire une place spéciale à de curieuses productions de hornblende secondaire. Le long des diaclases de la lherzolite de Prades, de Sem, de Vicdessos, de la vallée de Suc, de Lherz, etc., on voit se développer une amphibole d'un vert vif, implantée sur tous les éléments de la roche et présentant au microscope une structure dentelliforme au milieu de dipyre. Rarement (Fontète Rouge dans le ravin de la Plagnole près l'étang de Lherz) cette amphibole se présente en cristaux macroscopiques, qui sont alors très nets et très brillants, d'un beau vert et transparents, avec les faces p (001), m (110), h^1 (100), e^1 (011) fort nettes.

Au Tuc d'Ess en Coulédoux, s'observe une très remarquable transformation de la lherzolite tout entière en hornblende verte, dentelliforme, au milieu d'anorthite. La hornblende est riche en inclusions de spinelle vert.

Dans les pyroxénolites et particulièrement dans celles qui sont grenatifères, on rencontre fréquemment des produits semblables; je les ai indiqués déjà à l'article *grenat*, page 237 (fig. 28); il y a lieu de rappeler aussi la présence de l'amphibole dans les pseudomorphoses kélyphitiques des serpentines vosgiennes (page 237, fig. 29).

Pour plus de détails, en ce qui concerne les roches basiques pyrénéennes, je renvoie à mes deux mémoires : *Nouv. Arch. du Muséum*, VI. 209. 1894 et *B. C. F.* n° 42. 1894, qui renferment de nombreuses figures.

f) *Dans les roches du groupe des porphyrites micacées.*

Les roches filoniennes du groupe des porphyrites micacées (*lamprophyres*) (voir pages 324 et 500) présentent des types très riches en amphibole accompagnant ou remplaçant la biotite.

L'amphibole contenue dans toutes ces roches est le plus généralement noire et brune, plus rarement verte en lames minces; elle présente souvent une grande analogie de couleur avec la biotite qui l'accompagne. Ses formes sont nettes; les cristaux allongés suivant l'axe vertical présentent généralement les formes m (110), g^1 (010), e^1 (011). Les

macles suivant h^1 (100) sont très fréquentes. Ce minéral offre une grande analogie avec la hornblende basaltique, mais il est moins biréfringent, surtout dans les types microlitiques (porphyrites), où il existe en grands cristaux et en microlites (camptonite de M. Rosenbusch). Tous les types de ces roches amphiboliques sont abondants en filons dans les granites, dans les gneiss du Plateau Central, et plus fréquents en Auvergne et dans le Lyonnais que dans le Morvan, où les types micacés dominent.

Dans les Pyrénées, j'en ai trouvé un filon remarquable au milieu du granite du col de la Couillade en Suc (massif du pic des Trois-Seigneurs). Cette roche, d'aspect basaltique, est riche en augite violacée et en feldspath triclinique dont les microlites palmés à extinctions longitudinales s'isolent en nodules macroscopiques, dans lesquels ils sont seulement accompagnés de quelques paillettes de biotite.

g) *Dans les roches volcaniques.*

α) *Dans les roches volcaniques tertiaires et posttertiaires.*

Ces gisements sont ceux qui fournissent la presque-totalité des cristaux de hornblende étudiés dans cet ouvrage; ils y sont parfois extrêmement abondants.

a) Dans les basaltes et les labradorites. — La hornblende basaltique abonde, dans les tufs de projection des basaltes, des labradorites, des leucotéphrites, en fragments arrondis ou en masses clivées, atteignant souvent plusieurs centimètres de longueur : les cristaux distincts sont plus rares. Elle est accompagnée par des cristaux d'augite, de magnétite, de spinelle, d'apatite, de feldspaths, et par des enclaves énallogènes.

Fig. 5. Hornblende des tufs basaltiques.

Les cristaux de hornblende sont allongés suivant l'axe vertical, ils présentent toujours la face g^1 (010) et dans le cas le plus général un pointement à trois faces [e^1 (011), a ($\bar{1}01$)]. La fig. 5 montre leur maximum de complication : cette figure, ainsi que la suivante, est empruntée à l'*Atlas der Kristallformen* de M. Schrauf. Les faces $e^{1/3}$ (031) a_3 ($\bar{2}11$) et θ ($\bar{1}21$) sont généralement petites : quelques-unes d'entre elles existent seulement, d'ordinaire. Les macles suivant h^1 (100) ne sont pas rares

(fig. 6); elles ne montrent souvent pas d'angles rentrants et sont formées à l'une des extrémités par deux faces $a^1 \bar{a}^1$ et à l'autre par quatre faces $e^1 \bar{e}^1$ (fig. 7 et 8).

La hornblende forme aussi des bombes de grande taille, constituées par des cristaux enchevêtrés mélangés parfois à de l'olivine, de l'augite, et contenant, en outre, parfois un résidu vitreux.

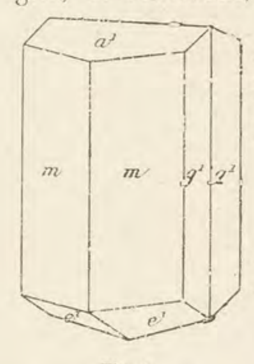


Fig. 6.
Hornblende des tufs basaltiques : macle suivant h^1 (100).

Ces cristaux et ces bombes doivent être considérés comme le résultat de cristallisations intratelluriques effectuées dans le magma basaltique. Il est probable que dans beaucoup de cas ces cristallisa-

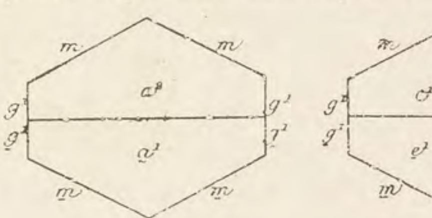


Fig. 7. Fig. 8.
Projections, sur un plan perpendiculaire à l'axe vertical, des deux extrémités de la fig. 6.

tions se sont produites à une faible profondeur, car, au milieu de quelques bombes similaires de l'Eifel, j'ai trouvé des enclaves de quartz en parties fondues (*Les encl. des roches volc.* 477).

Je renvoie page 592 pour l'explication de la fréquence de la hornblende dans les produits de projection, alors que le même minéral est peu abondant dans les coulées basaltiques provenant des mêmes cratères. La hornblende dans les roches des coulées est presque toujours en voie de résorption (voir p. 669). Les mêmes phénomènes s'observent dans les bombes à hornblende englobées par les basaltes compacts et souvent aussi à la périphérie des cristaux englobés dans les scories de projection.

La hornblende existe à l'état microlitique et non résorbé dans quelques basaltes filoniens du Plateau Central.

Hérault. La hornblende se rencontre en fragments dans les tufs basaltiques d'Agde et dans ceux des environs de Montpellier (en particulier dans ceux de Grabels, où MM. Delage et Mourgues l'ont récemment signalée (*B. S. G.* XXIII; *C. R. sommaires*, p. XIX. 1895)).

Ardèche. La hornblende a été trouvée par Faujas de Saint-Fond (*Mém. sur les schorls*, 85. 1778) dans de nombreux gisements du mas-

sif basaltique des Coirons (Chenavari, Rochemaure, Rochesauve, Montbrul, la Bastide, etc) ; elle y forme des masses clivables, atteignant la grosseur du poing. On la trouve aussi en très grands fragments dans les basaltes des environs d'Aubenas.

Haute-Loire. La hornblende est extrêmement abondante dans les scories basaltiques de la Haute-Loire. On peut citer particulièrement à ce point de vue : Malgascon et Le Coupet près Saint-Eble, le massif de la Durande, les environs du Puy (Cheyrac, Polignac, Tareyre, La Denise, Croustet, Le Bouchet, le volcan de Briançon, etc.), Bournac, les tufs de labradorite de la Besseyre près Monastier (M. Boule), etc.

Les gisements qui viennent d'être énumérés fournissent surtout des fragments arrondis ou clivés de hornblende ; les cristaux nets ont été signalés par L. Pascal au Croustet, à Taulhac, à Mons, à Sainte-Anne, à Sainzelle, à Bilhac. Ils sont généralement allongés suivant l'axe vertical, quelquefois maclés suivant h^1 (100) ; ils présentent les formes m (110), g^1 (010), e^1 (011), a^1 ($\bar{1}01$), plus rarement a_3 ($\bar{2}11$) et θ ($\bar{1}21$).

Les bombes à hornblende se trouvent particulièrement dans les scories d'Alleyras, de Saint-Jean-Lachalm, de Sainte-Anne de Taulhac, de Tareyre et du volcan du Bouchet.

Cantal. Les tufs basaltiques du Cantal paraissent moins riches en hornblende que ceux de la Haute-Loire. On peut citer cependant ceux de Laurie, de Talézat, du suc de Védrine. M. Rames m'a donné quelques très jolis cristaux de ce minéral recueillis près de Marzun, petit village situé à l'ouest du volcan d'Autrac, dont la coulée basaltique est descendue jusqu'à Blesle, au bord du chemin de fer de Massiac. Ils se rapportent à deux types présentant les mêmes formes ; l'un est raccourci suivant l'axe vertical, alors que l'autre est allongé suivant cet axe.

Fig. 9. Projection d'un cristal de hornblende de Marzun.

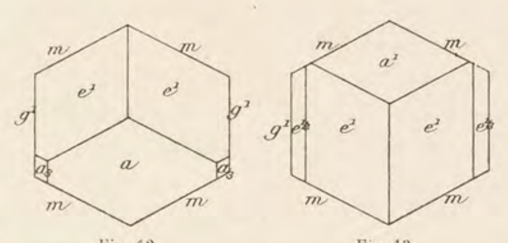
J'ai observé les formes suivantes : m (110), g^1 (010), a^1 ($\bar{1}01$), e^1 (011), constantes accompagnées fréquemment par o^1 (101), $e^{1/3}$ (031), a_3 ($\bar{2}11$) et θ ($\bar{1}21$). La fig. 9 représente la projection, sur un plan perpendiculaire à l'axe vertical, d'un cristal normalement développé ; mais le plus souvent ces cristaux sont remarquables par la dissymétrie de leurs deux sommets : généralement, en effet, certaines faces d'un même cristal ne sont pas également développées à ses deux extrémités (fig. 10 et 11) ou même manquent à l'une d'elles (fig. 12 ou 13).

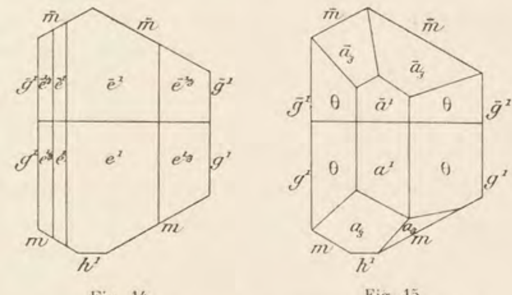
Les macles suivant h^1 (100) sont peu fréquentes dans ceux des cristaux de ce gisement que j'ai étudiés.

Puy-de-Dôme. La hornblende peut être recueillie dans beaucoup de scories et de tufs basaltiques (pépérites) du Puy-de-Dôme, notamment dans les pépérites de Vermilier près Sugères. Elle paraît cependant moins abondante que dans la Haute-Loire.

Fig. 10. Fig. 11.
Projections, sur un plan perpendiculaire à l'axe vertical, des deux extrémités d'un cristal de hornblende de Marzun, montrant la dissymétrie du développement des faces du sommet.

Des cristaux nets ont été signalés par M. Gonnard (*op. cit.*, 29) au-dessus de l'Argillier (chez Pernet) ; ces cristaux présentent la forme commune m (110), g^1 (010) a^1 ($\bar{1}01$) e^1 (011), avec parfois θ ($\bar{1}21$). Des cristaux superficiellement corrodés et des fragments de grande taille se trouvent sur le flanc méridional du puy Corent. M. Gonnard a décrit (*B. S. M.* XIV. 222. 1891) de jolis cristaux de $1^{cm}2$, simples ou maclés, trouvés dans une bombe des tufs de Périer près Issoire. Ils sont allongés suivant l'axe vertical et présentent, en outre des faces communes, les formes suivantes, $e^{1/3}$ (031), a ($\bar{2}11$) et θ ($\bar{1}21$). Les fig. 14 et 15 montrent l'aspect de ces macles (d'après M. Gonnard). La roche d'où proviennent ces cristaux a la composition d'une diorite ; c'est une enclave homœogène basaltique.


Fig. 12. Fig. 13.
Projections des deux sommets d'un cristal de hornblende de Marzun, montrant leur dissymétrie.


Fig. 14. Fig. 15.
Projections des deux sommets d'un cristal de hornblende de Périer.

Des enclaves du même genre ont été trouvées dans les tufs d'Ardes (*Les encl. des roches volc.* 473).

Enfin j'ai trouvé, en enclaves dans le basalte de Montaudou, des nodules à hornblende d'un vert foncé remarquables par les phénomènes de résorption qu'ils présentent (*op. cit.*).

Algérie. — *Oran*. Je dois à l'obligeance de M. Gentil des échantillons de hornblende basaltique qu'il a ramassés dans les tufs de leucotéphrite de la région d'Aïn-Témouchent. Ce minéral y est constant et beaucoup plus abondant que l'augite. Il n'y forme pas de cristaux à formes distinctes, mais constitue des masses lamellaires, atteignant la grosseur du poing : il se rencontre surtout aux environs d'Aïn-Kihal, à l'O. d'Aïn-Témouchent.

La hornblende est aussi très abondante dans les tufs basaltiques de l'île de Rachgoun à l'embouchure de la Tafna ; elle y accompagne l'orthose décrite tome II.

La collection du Muséum renferme un échantillon de hornblende basaltique recueilli autrefois par M. Renou dans les tufs basaltiques des bords de la Mina (Tiaret).

b) Dans les andésites et les trachytes. — La hornblende se rencontre en cristaux intratelluriques dans les andésites et les trachytes. Dans les roches d'Auvergne, elle se trouve en cristaux noirs, qui dans les lames minces présentent deux variétés : l'une, brune, à angle d'extinction faible ou nul, l'autre, verte, moins biréfringente et possédant un angle d'extinction qui atteint 20°. Enfin il existe aussi une hornblende basaltique d'un brun rouge, extrêmement pléochroïque et très biréfringente, souvent associée à une biotite du même genre.

Ces hornblendes se trouvent généralement en cristaux nets souvent maclés suivant h^1 (100) : ils présentent les mêmes formes que dans les basaltes ; ils atteignent parfois plusieurs centimètres suivant l'axe vertical.

Dans les roches épanchées, ces amphiboles présentent fréquemment les phénomènes de résorption décrits plus haut ; ils manquent dans les roches filoniennes et dans les blocs vitreux de projection.

L'amphibole se rencontre aussi en microlites : elle est surtout abondante sous cette forme dans les filons qui ont été décrits par M. Michel Lévy au Mont Dore.

Enfin la hornblende est très répandue en cristaux nets de plusieurs millimètres dans les enclaves feldspathiques grenues ou microlitiques, parfois de grande taille, que l'on trouve fréquemment dans les trachytes

et andésites du Plateau Central et qui doivent être considérées comme des ségrégations du magma de la roche qui les a amenées au jour. Je les ai décrites en détail dans mon mémoire sur les enclaves des roches volcaniques, p. 358.

Haute-Loire. Dans les trachytes à hornblende de Monac, du mont Charret en La Prade, de Montuselat, j'ai recueilli des ségrégations à grands cristaux de hornblende noire présentant des phénomènes de résorption très intenses.

Cantal. Les andésites à hornblende sont très abondantes dans le Cantal; la hornblende y forme parfois de grands cristaux de plusieurs centimètres de longueur. On peut citer en particulier à ce point de vue les gisements suivants : filon d'andésite au-dessus du hameau des Gardes (pentes du Plomb), filons au-dessus de Ramburtet ; à Faillitoux (au-dessus du basalte porphyroïde de Triboulan) (cristaux de 2 à 3^{cm}); de très gros cristaux du même minéral ont été trouvés par M. Rames dans des blocs erratiques d'andésites des environs d'Aurillac. Dans une carrière ouverte près du cimetière d'Aurillac, ce géologue a recueilli un cristal, de 5^{cm} de longueur suivant l'axe vertical, extrêmement corrodé, qui m'a servi à déterminer les propriétés optiques données plus haut. D'une façon générale, la hornblende abonde dans les blocs d'andésites de la brèche andésitique

Les ségrégations granitoïdes à feldspath et hornblende sont abondantes dans beaucoup de gisements (Menet, Le Meynial, butte d'Auteroche près Murat, Le Lioran, Chavaroche, etc.).

Puy-de-Dôme. La hornblende en grands cristaux se trouve aussi dans les andésites à hornblende du Mont Dore. J'ai en particulier observé un cristal à faces m (110) g^1 (010) brillantes, recueilli par M. Gautier dans une andésite erratique du ravin de Lusclade ; il atteint 4^{cm} suivant l'axe vertical.

Les trachytes et les tufs du mont Dore renferment (notamment au Riveau Grand et au Capucin) des enclaves d'andésites ou de trachytes (inconnus en place) à grands cristaux porphyroïdes de hornblende, atteignant souvent plusieurs centimètres. Ils sont généralement riches en inclusions brunes rappelant celles du diallage. C'est dans ces enclaves que se trouvent les nombreuses espèces cristallisées (augite, hypersthène, etc.) dont il est souvent question dans cet ouvrage.

On rencontre aussi dans la même région, en enclaves dans les tufs ou dans les coulées, une roche constituée surtout par des prismes de

hornblende de $0^{mm}5$ à 1^{cm} et par un feldspath triclinique avec parfois de l'augite, de l'apatite, de la magnétite. Elle est grenue, ou le plus souvent microlitique avec un léger résidu vitreux. Cette roche peut être comparée aux roches à grands éléments qui accompagnent les porphyrites amphiboliques.

c) Dans les phonolites. — Dans les phonolites du Plateau Central, la hornblende n'existe qu'en grands cristaux généralement résorbés; mais, dans quelques gisements [notamment au puy Griou (*Cantal*), à La Malviale et à la Sanadoire (*Puy-de-Dôme*)], ces roches renferment des enclaves homœogènes riches en hornblende brune (*Les encl. des roches volc.* 426) : ces enclaves offrent parfois une grande analogie de structure avec les camptonites (porphyrites amphiboliques) filoniennes.

β) *Dans les roches microlitiques antétertiaires.*

Les roches microlitiques anciennes, correspondant aux divers types énumérés plus haut dans la période tertiaire et posttertiaire, renferment aussi de la hornblende qui appartient à la variété noire (brune en lames minces). Dans les gisements français, les trachytes (orthophyres), andésites et labradorites (porphyrites) ne présentent généralement pas de particularités intéressantes dans leur amphibole. Je ne ferai exception que pour les roches d'un gisement.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. Dans les massifs granitiques et granulitiques de la région du Néouvielle et du pic du Midi de Bigorre, il existe en abondance des filons minces de roches microlitiques de types très variés [andésites et labradorites (porphyrites)], les unes, très cristallines, diabasiques, les autres, au contraire, bulleuses et très vitreuses : elles sont certainement anciennes, car, traversant les roches éruptives ainsi que les schistes et calcaires métamorphisés par ces dernières, elles ont subi les mêmes plissements et déformations mécaniques que toutes ces roches. Dans le ravin d'Escoubous dominé par la Piquette déras lids, on trouve, au milieu du granite, des filons qui présentent la particularité de renfermer, avec de grands cristaux de labrador, des cristaux de hornblende atteignant 4^{cm} suivant l'axe vertical sur 1^{cm} de diamètre. Seules les faces *m* (110) et g^1 (010) sont distinctes. Cette amphibole ne diffère en rien de la hornblende des basaltes d'Auvergne; elle a subi les mêmes phénomènes de résorption.

Les filons dont il vient d'être question renferment fréquemment des enclaves homœogènes à structure granitoïde, riches en grands cristaux de hornblende.

2° *Dans les roches modifiées par les roches éruptives.*

a) *Contact des roches granitiques.*

La hornblende n'est pas rare dans les cornéennes provenant de la transformation des calcaires argileux au contact du granite. Dans quelques cas, le même minéral se produit aussi en grands cristaux dans ces conditions. Je citerai particulièrement les contacts granitiques du sud d'Ax (haute vallée d'Orlu, roc Blanc, etc.), où j'ai trouvé des blocs de calcaires paléozoïques englobés par le granite et périphériquement transformés en amphibolites.

b) *Contact de la lherzolite et des ophites.*

Pyrénées. — *Ariège.* Dans les calcaires marneux jurassiques métamorphisés par la lherzolite, j'ai signalé l'abondance des amphiboles (*B. C. F.* n° 42. 1895). Une partie d'entre elles appartient à la trémolite et à l'actinote, mais les hornblendes sont aussi très abondantes et très variées ; on y trouve une variété verte formant, avec anorthite, mica, tourmaline, des roches à grands éléments ressemblant aux amphiboles des schistes cristallins (bois du Fajou, forêt de Freychinède) ; il existe aussi des types noirs ou d'un brun foncé qui en lames minces présentent parfois des teintes de pléochroïsme très énergiques rappelant celles de la tourmaline brune (Lordat, Prades), alors que d'autres sont presque incolores en lames minces (bois du Fajou).

Dans les calcaires des environs de Prades, j'ai observé de petits cristaux de hornblende noire n'ayant que quelques millimètres ; mais au contact immédiat de la lherzolite ils prennent de très grandes dimensions et atteignent 3^{cm} de longueur. Ils sont allongés suivant l'axe vertical et montrent les faces m (110), g^1 (010), e^1 (011) ; ils font saillie à la surface des calcaires lavés par les eaux atmosphériques. Dans le ravin du bois du Fajou, l'amphibole laminaire d'un beau noir n'est pas rare dans le calcaire à grands éléments.

Il est possible que la hornblende existe aussi dans les calcaires et marnes calcaires métamorphisés par les ophites, mais l'actinote paraît y être de beaucoup l'amphibole dominante.

c) *Dans les enclaves des roches volcaniques.*

Plateau Central. — Les trachytes du mont Dore renferment des enclaves de trachyte et d'andésite dont les cavités sont parfois tapissées de fort beaux cristaux de hornblende. Ce minéral n'a été rencontré jusqu'à présent que dans les enclaves du Riveau Grand.

Il s'y trouve dans deux catégories de roches enclavées (Voir *Les encl. des roches volc.* 347) :

1° dans une trachyandésite noire ou d'un gris noir, très bulleuse; la hornblende constitue des cristaux filiformes, rappelant la hornblende de la lave du Vésuve des éruptions de 1822 et de 1830; l'examen microscopique de la roche fait voir que cette hornblende a imprégné l'enclave et est venue s'accoler parfois sur la hornblende primaire. Celle-ci est de couleur brun foncé et possède une extinction voisine de 0°, alors que l'amphibole récente est de couleur claire et présente une extinction de 20° environ dans g^1 (010).

2° dans un trachyte augitique à hornblende et olivine de couleur grise. Les soufflures de la roche sont de grande taille, inégales; elles renferment clairsemés de très jolis cristaux de hornblende noire et de biotite d'un blond clair, reposant sur un enduit de tridymite et de sanidine récentes. La hornblende forme des cristaux atteignant 1^{cm}, qui sont parfois riches en faces brillantes. M. Œbbecke, qui les a étudiés (*B. S. M.* VIII. 56. 1885), y a trouvé les formes suivantes : *m* (110), h^3 (210), g^1 (010), h^1 (100), g^2 (130), a^1 ($\bar{1}01$), e^1 (011), $e^{1/3}$ (031), θ ($\bar{1}21$). Les macles suivant h^1 (100) ne sont pas rares. Je n'ai pas trouvé de formes nouvelles dans les cristaux que j'ai étudiés : ils sont du type représenté par la fig. 5 (page 676) ; les faces g^1 sont plus ou moins développées. Cette amphibole imprègne l'enclave comme dans le cas précédent [1].

3° *Dans les schistes cristallins.*

La hornblende est extrêmement abondante dans les schistes cristallins, soit comme accident dans les gneiss normaux, soit comme élément constitutif des gneiss amphiboliques ou de roches dépourvues d'éléments blancs (amphibolites, pyroxénites). Dans ces diverses roches,

1. M. Gonnard (*B. S. M.* II. 151. 1879), puis M. Œbbecke (*id.* VIII. 56. 1885), ont signalé, dans les géodes des enclaves quartzifères de ce gisement, des filaments brunâtres qui semblent pouvoir être comparés à la *breislakite* de la Campanie.

elle présente des types nombreux, depuis la variété pauvre en fer, d'un vert clair, jusqu'à celle qui, étant très ferrifère, est colorée en vert sombre souvent presque noir; on trouve aussi des variétés brunes de diverses nuances. L'étude approfondie de ces hornblendes serait fort intéressante : je n'ai pas sur elles de documents personnels assez nombreux pour pouvoir l'entreprendre ici.

Les amphiboles de ces roches sont généralement dépourvues de formes distinctes, bien qu'il y ait à citer quelques exceptions ; le plus souvent elles se présentent sous forme d'éléments laminaires, allongés suivant l'axe vertical et couchés suivant le plan de rubanement ou de schistosité de la roche.

Les feldspaths tricliniques (variant de l'albite à l'anorthite) accompagnent la hornblende dans les gneiss amphiboliques; l'apatite, l'ilménite, la magnétite, ainsi que le grenat, le rutile, et surtout le sphène, sont aussi ses compagnons habituels.

Si les variétés de hornblende de ces roches sont nombreuses, plus nombreux encore sont les types pétrographiques dont elles constituent l'élément caractéristique; les uns sont très schisteux, les autres sont seulement rubanés ou même ont l'apparence d'une roche éruptive. Parmi les amphibolites, les unes sont à éléments très fins, les autres, au contraire, à éléments essentiels atteignant plusieurs centimètres. La hornblende existe quelquefois aussi dans les cipolins et présente alors souvent des formes distinctes.

Je ne m'occuperai ici que de quelques gisements fournissant de la hornblende intéressante à des points de vue divers.

Bretagne.— Les amphibolites sont très abondantes dans les schistes cristallins de la Bretagne; je renvoie pour leurs principaux gisements aux cartes géologiques au $\frac{1}{80000}$ publiées par M. Barrois; les quelques gisements qui suivent méritent une mention spéciale à cause des masses de hornblende qu'on y rencontre accidentellement.

Côtes-du-Nord. Des masses de hornblende d'un vert noir en lames atteignant plusieurs centimètres de longueur m'ont été communiquées par M. de Limur comme provenant des environs de Langueux.

Morbihan. Parmi les nombreuses amphibolites du Morbihan, il faut citer particulièrement le gisement de l'île Arz, où M. de Limur a trouvé des masses laminaires d'une hornblende d'un brun clair qui, d'après ses essais, est très fusible et un peu sodique.

Loire-Inférieure. La hornblende est très abondante dans les amphibolites des environs de Nantes. M. Baret m'a communiqué des blocs de hornblende d'un vert foncé, formés de cristaux de plusieurs centimètres de longueur et de largeur et provenant des amphibolites du Chêne Vert en Saint-Herblain et de Sautron.

Les éclogites de Saint-Colombin renferment des échantillons analogues, mais d'un vert plus clair.

Dans la carrière de La Ménageraie en Saint-Viaud, la hornblende noire forme parfois des cristaux distincts m (110), g^1 (010), e^1 (011) associés à de l'oligoclase et de la magnétite à clivages octaédriques.

Les éclogites de la Loire-Inférieure (voir page 605) renferment de la smaragdite d'un beau vert résultant de la transformation de l'omphazite. Celle-ci étant alumineuse, il est probable que l'amphibole formée à ses dépens l'est aussi : c'est pourquoi je range ici ces gisements.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. M. des Cloizeaux m'a remis un gneiss amphibolique très riche en hornblende qu'il a recueilli en blocs éboulés sur la rive gauche du gave de Héas. Elle provient de la montagne de Coumélie. Cette roche présente le même aspect que celle du pont de l'Aiguille près de Limoges (page 687), avec cette différence toutefois que la hornblende, en cristaux de 2^{cm} (fig. 15), est d'un beau brun clair et que les cristaux sont tantôt allongés, tantôt raccourcis suivant l'axe vertical.

Une amphibolite identique, mais peu ou pas feldspathique, a été trouvée par M. Gourdon à Genost dans la vallée de Louron.

Ariège. Les amphibolites qui se trouvent à proximité des cipolins de Mercus renferment des masses d'une hornblende vert d'herbe offrant la structure de certaines des amphiboles d'ouralitisation de Traversella (*Piémont*).

Le gisement le plus remarquable que j'aie à signaler est celui d'Arignac (*B. C. F.* n° 11. 1890). Entre la carrière de cipolins et le village, j'ai trouvé, outre les humites décrites page 123, des bancs ou nodules d'une roche à très grands éléments, formée par une amphibole d'un blond clair, de la humite, du clinochlore, de l'olivine, du spinelle violacé, de la phlogopite, du rutile, de la pyrrhotine, etc. Ces divers minéraux sont plus ou moins abondants suivant les échantillons : dans beaucoup d'entre eux l'amphibole domine. Ces amphibolites spéciales sont très analogues à celles que M. Michel Lévy a trouvées dans la Serrania de Ronda en Andalousie.

L'amphibole se trouve aussi dans les cipolins à proximité de ces amphibolites. J'ai pu en extraire par l'acide chlorhydrique quelques cristaux à formes rugueuses allongés suivant l'axe vertical et présentant les faces m (110), g^1 (010), e^1 (011) (fig. 16) et plus rarement θ ($\bar{2}11$).

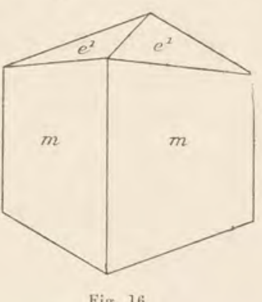


Fig. 16.
Pargasite d'Arignac.

En lames minces, ce minéral est incolore, son extinction dans g^1 (010) est d'environ 21°, la bissectrice aiguë est positive, 2 E = 80° environ. Cette amphibole est donc une pargasite; elle est souvent pénétrée de phlogopite, qui s'accole sur ses clivages m (110).

Plateau Central. — Les schistes cristallins de tout le Plateau Central sont très riches en amphibolites et en gneiss amphiboliques appartenant à des types variés. Leur étude minéralogique serait certainement fort intéressante; je n'ai malheureusement pas de documents personnels sur ce sujet, et les descriptions qui en ont été données sont purement géologiques, sauf cependant celle que M. Boule a faite des gneiss amphiboliques quartzifères de la vallée de l'Allier, qui ne présentent pas de particularités minéralogiques intéressantes.

Je renvoie aux feuilles déjà publiées par le Service de la Carte géologique détaillée de la France, me bornant à citer les quelques gisements suivants, qui, à ma connaissance, sont intéressants au point de vue minéralogique.

Haute-Vienne. Non loin de Limoges, sur la route d'Aixe et près du pont de l'Aiguille, se trouve un gneiss amphibolique à faciès dioritique, remarquable par la netteté des cristaux de hornblende vert foncé (fig. 16) dont les formes m (110), g^1 010), e^1 (011) ressortent bien, grâce au contraste de couleur de ce minéral sur le fond feldspathique blanc ou jaunâtre de la roche. Ces cristaux présentent un clivage difficile suivant h^1 (100); ils atteignent 2^{cm} de diamètre. On les trouve fréquemment dans les collections sous le nom inexact de *diallage*.

D'après M. Barret (*Géol. du Limousin*. 74. 182. 1892), la même roche se rencontre à Saint-Jean de Ligoure et à Bellac.

M. Michel Lévy m'a communiqué un curieux gneiss amphibolique des environs de Ligoure, dont l'amphibole d'un vert foncé est associée à d'abondants grenats entourés d'une auréole de feldspath triclinique basique.

Rhône. Les amphibolites et les gneiss amphiboliques abondent dans le Lyonnais. L'analyse *f*) a été faite par Drouot sur la hornblende brune d'une amphibolite d'Avenas.

Allier. M. de Launay m'a signalé, d'une façon spéciale au point de vue de la grande taille de la hornblende, les amphibolites d'Huriel, de Châtelus.

Saône-et-Loire. Les amphibolites et gneiss amphiboliques sont très abondants dans le Morvan et particulièrement dans la vallée du Mesvrin près Marmagne; l'amphibole y est une hornblende d'un vert foncé souvent associée en groupements pegmatoïdes avec de l'orthose ou du labrador grenu (Michel Lévy : *B. S. M.* I. 41. 1878). Ces amphiboles sont riches en sphène, grenat, ilménite, quartz, etc. Elles renferment des hornblendes très variées, tantôt d'un vert presque noir (gneiss amphibolique de Martigny, gneiss amphibolique très grenatifère de Villeneuve en Montagnes) ou d'un vert clair, incolores en lames minces (amphibolite à spinelle de Martigny), tantôt d'un brun plus ou moins noir et d'un brun clair en lames minces (gneiss amphiboliques du moulin Guisenot près Broye, gneiss amphibolique micacé, riche en sphène et en apatite de Saint-Laurent-d'Agay, etc.). Tous les échantillons que j'ai examinés m'ont été communiqués par M. Michel Lévy.

Dans les environs du mont Saint-Vincent, aux Charmaux près Marigny se trouvent aussi de belles amphibolites.

Alpes. — Des amphibolites et quartzites à hornblende se rencontrent dans le massif du mont Blanc, ainsi que dans le Dauphiné.

Maures. — *Var.* Des amphibolites renfermant de beaux échantillons de hornblende verte se trouvent dans les Maures et particulièrement aux environs de Collobrières.

Algérie. — *Constantine.* C'est à des types analogues qu'il y a lieu de rapporter les amphibolites à hornblende de l'Edough près Bône.

Madagascar. — La hornblende verte est extrêmement abondante dans les schistes cristallins de l'île (gneiss amphiboliques, amphibolites).

KATOFORITE

Le nom de katoforite a été créé récemment par M. Brögger (*Die Eruptivgesteine der Kristianiagebiete*, I. 1894. 37) pour désigner des amphiboles probablèment riches en alcalis et possédant de très grands angles d'extinction ainsi qu'un pléochroïsme spécial. Ces amphiboles ont un grand intérêt théorique, car elles établissent le passage entre les hornblendes, à allongement positif, et les arfvedsonites, à allongement négatif (page 662, fig. 1). J'ai observé, dans le gisement français décrit plus loin, une amphibole qui paraît intermédiaire entre la barkevicite et la katoforite, dont elle possède le pléochroïsme spécial, bien que son angle maximum d'extinction dans g^1 (010) ne dépasse pas 20°.

Formes observées. m (110), h^1 (100).

Macles. Macle suivant h^1 (100).

Faciès des cristaux. Les cristaux de katoforite sont allongés suivant l'axe vertical.

Clivages. Clivages suivant m (110).

Coloration. Le minéral est noir.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). n_g fait avec l'axe vertical des angles variant, avec les types étudiés par M. Brögger, de 30° à 60°.

J'ai pu constater que la bissectrice est *positive* (n_g).

$$2\,\mathbf{E} = 60°.$$

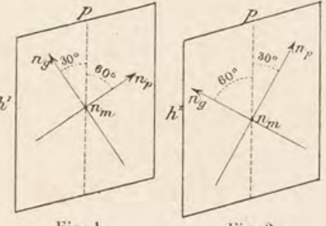


Fig. 1. Fig. 2.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010) dans la katoforite. (Angle n_g : c variant de 30° à 60°.)

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est extrêmement caractéristique avec toujours $n_m > n_g > n_p$. Il se fait dans les teintes suivantes (*Haute-Loire*) :

$\mathbf{n}_p$ = jaune brunâtre ;
$\mathbf{n}_m$ = violet ou rouge violacé ;
$\mathbf{n}_g$ = jaune un peu verdâtre.

Composition chimique. La composition chimique, pas plus que la dureté ni la densité, n'a été déterminée. Le minéral se rencontre dans

les roches comme élément microscopique. La katoforite est certainement sodique, ainsi qu'en témoignent tous les minéraux qui l'accompagnent : elle est probablement titanifère.

Diagnostic. Les clivages prismatiques voisins de 124° font voir que la katoforite est une amphibole. L'angle d'extinction dépassant 30°, d'une part, et le maximum d'absorption suivant n_m (c'est à dire transversal à l'allongement dans les sections perpendiculaires à n_g et à n_p), de l'autre, ne permettent pas de confondre ce minéral avec aucune autre amphibole.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La katoforite a été trouvée par M. Brögger dans des roches qu'il désigne sous le nom de grorudite etc., et qui paraissent osciller entre des orthophyres quartzifères à ægyrine et de véritables aplites à ægyrine finement grenues.

Plateau Central. — *Haute-Loire*. J'ai trouvé l'amphibole dont il a été question plus haut, comme élément néogène *microscopique* dans des enclaves granitiques très transformées de la phonolite d'Araules. Elle s'y présente en petits cristaux prismatiques assez nombreux, associés à de l'orthose sodique néogène et à de l'ægyrine.

ARFVEDSONITES

Les amphiboles de la série de l'arfvedsonite sont très sodiques : elles sont caractérisées au point de vue optique par la position de leur axe n_p plus rapproché de l'axe vertical que l'axe n_g (voir le schema général page 662).

Crocidolite	$n_p : c = 21°$ environ ;
Arfvedsonite	14° ;
Riebeckite	4 à 5°.

De plus, le pléochroïsme est intense dans les teintes bleues et vertes et l'absorption est toujours ·

$$\mathbf{n}_p > \mathbf{n}_m > \mathbf{n}_g.$$

L'arfvedsonite est une amphibole des syénites néphéliniques qui n'existe dans aucun gisement français et dont par suite je ne m'occuperai pas ici.

CROCIDOLITE

$(H\,Na)\,Fe'''\,Si^2\,O^6,\ Fe\,Si\,O^3$

Monoclinique, avec formes voisines de celles de la riebeckite.

mm = 124° environ.

Formes observées. La crocidolite ne se trouve pas en cristaux distincts, mais en aiguilles ou plus souvent en fibres soyeuses et flexibles, rappelant celles de l'asbeste. Ces fibres s'enchevètrent parfois pour former des masses plus ou moins compactes.

Macles. Macles suivant h^1 (100).

Clivages. Clivages suivant *m* (110).

Dureté. 4.

Densité. 3,20 à 3,30.

Coloration et éclat. Bleu lavande plus ou moins foncé ; cette couleur s'avive quand le minéral a été débarrassé, par un lavage à l'acide chlorhydrique, des impuretés qui le souillent. Éclat soyeux dans les fibres, souvent terne. Transparente en lames minces.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). L'indice n_p fait avec l'axe vertical un angle de 18° à 21° (*B. S. M.* XIII. 10. 1890).

La bissectrice est *positive* (n_g).

2 **E** = 95° environ.

Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010)

Pléochroïsme. Pléochroïsme très net et très variable suivant les gisements, avec :

$\mathbf{n_g}$ = jaune pâle presque incolore (Wackenbach) ;
$\mathbf{n_m}$ = bleu violet ;
$\mathbf{n_p}$ = bleu vert à vert de mer.

Composition chimique. La composition chimique correspondant à la formule $Na\,Fe'''\,Si^2\,O^6,\ Fe\,Si\,O^3$ est donnée en *a*).

Une partie du sodium peut être remplacée par de l'hydrogène, une partie du fer par du magnésium : c'est particulièrement le cas de la crocidolite de Wackenbach, dont l'analyse de Delesse (*A. M.* X. 51.

1856) est donnée en *b*). Cette analyse paraît inexacte, le fer y étant dosé uniquement à l'état de Fe O. Les échantillons étudiés par Delesse, que j'ai eus entre les mains, sont, du reste, très impurs.

	a)	*b*)
SiO^2	49,6	53,02
Fe^2O^3....	22,0	»
Al^2O^3....	»	traces
Fe O	19,8	25,62
Mn O.....	»	0,50
Mg O.....	»	10,14
Ca O.....	»	1,10
Na^2O	8,6	5,69
K^2O	»	0,39
H^2O	»	2,52
Cl........	»	0,51
P^2O^5.....	»	0,17
	100,0	99,66

Essais pyrognostiques. Dans le tube fermé, donne un peu d'eau alcaline et dégage parfois (Wackenbach) une odeur empyreumatique. Facilement fusible, à la flamme d'un bec Bunsen, en un verre noir magnétique, en colorant la flamme en jaune intense (Na). Inattaquable par les acides.

Diagnostic. Le signe négatif de l'allongement, le plus grand écartement des axes optiques permettent de distinguer la crocidolite de la glaucophane; elle se différencie de la riebeckite par sa coloration moins intense, l'écartement des axes et l'angle d'extinction plus faible.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le seul gisement de crocidolite que j'aie à signaler ici se trouve dans une roche éruptive où le minéral est d'origine secondaire.

Vosges. — [*Alsace*]. Ce gisement a été décrit par Delesse (*A. M.* 517. 1856) à Wackenbach et à Noire-Maison. La crocidolite s'y trouve en nodules, en veines ou en petits filons dans une minette ; elle y existe aussi comme élément microscopique. Sa structure asbestiforme est très nette. Les fibres sont fines et atteignent parfois plusieurs centimètres de longueur. En sortant de la carrière, elles sont molles et contiennent beaucoup d'eau interposée entre les fibres. Par dessiccation, elles deviennent élastiques et prennent un éclat

soyeux. La crocidolite des Vosges est associée à du quartz, de la calcite, de la pyrite, de la chlorite, de l'épidote. Les fibres sont implantées perpendiculairement aux parois des fentes ; plus rarement, elles sont étoilées. Quelquefois le même minéral s'observe au contact des minettes et des grauwackes[1].

RIEBECKITE

$(Na\,Fe'''\,Si^2\,O^6)^2, Fe\,Si\,O^3$

Monoclinique. $mm = 124°$.
$b : h = 1000 : 259{,}486$. $D = 874{,}094$. $d = 485{,}755$.
angle plan de $p = 121°52'34''$;
angle plan de $m = 98°\ 7'12''$.

$$\left[\begin{array}{c} a : b : c := 0{,}55572 : 1 : 0{,}29686 \text{ (Sollas}^2) \\ zx = 73°\ 5'44'' \end{array}\right]$$

Formes observées. m (110), h^1 (100), g^1 (010), e^1 (011), a^1 ($\bar{1}01$). Aucun pointement mesurable n'a été observé dans la riebeckite de Corse.

Macles. Macle suivant h^1 (100), non polysynthétique dans la riebeckite de Corse.

Faciès des cristaux. Les cristaux de riebeckite sont toujours allongés suivant l'axe vertical et offrent l'aspect extérieur de la hornblende. Rarement ce minéral devient fibreux.

Clivages. Clivages m (110) faciles.

Dureté. 4.

Densité. 3,43 à 3,45.

Coloration et éclat. La riebeckite, vue en masse, est d'un beau noir ; les variétés fibreuses sont d'un noir bleu ou d'un bleu foncé.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). La

1. On a vu page 655 que la prétendue crocidolite du *Maine-et-Loire* est une actinote bleuâtre.

2. Ces paramètres ont été recalculés à l'aide de ceux déduits par M. Sollas de mesures prises sur de petits cristaux extraits d'une druse d'un caillou glaciaire d'Irlande (*Proceed. Irish Acad.*, III. 516, 1895). La riebeckite présente ainsi l'orientation adoptée plus haut pour les autres amphiboles.

caractéristique de la riebeckite réside dans la position de n_p par rapport à l'axe vertical. L'angle $n_g : c$ étant de 85°, on voit en effet que n_p est à 5° de l'axe vertical dans l'angle aigu ph^1 (001) (100). La dispersion très grande, d'une part, et la coloration propre au minéral, d'une autre, rendent souvent difficile la détermination du signe de l'allongement de la riebeckite.

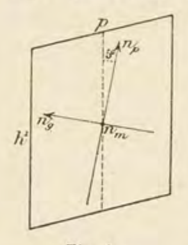


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

D'après M. Sauer (*Z. d. d. geol. Gesell.* XL. 138. 1888), la riebeckite de Socotra serait optiquement négative. J'ai fait tailler de nombreuses plaques de celle de Corse, soit parallèlement à h^1 (100), soit perpendiculairement à l'axe vertical. La coloration intense du minéral ne permet d'utiliser que des lames extrêmement minces, et alors les images en lumière convergente deviennent peu nettes; les axes optiques sont très écartés, et je crois pouvoir affirmer que la bissectrice est *positive* (n_g).

La biréfringence paraît faible.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme de la riebeckite est particulièrement intense et, à lui seul, permet de différencier le minéral de la glaucophane. Même dans les lames de $0^{mm}2$, l'absorption est telle suivant n_p, que le minéral est souvent complètement opaque quand la direction de cet axe coïncide avec la section principale du polariseur.

$\mathbf{n}_g$ = vert jaunâtre ;
$\mathbf{n}_m$ = bleu ;
$\mathbf{n}_p$ = bleu indigo foncé presque noir.

Groupements réguliers avec d'autres minéraux. La riebeckite de quelques aplites de Corse s'associe, à axes parallèles, avec l'ægyrine.

Composition chimique. La composition théorique de la riebeckite correspondant à 2 ($Na\,Fe''' Si^2 O^6$), $Fe\,Si\,O^3$ est la suivante :

$Si\,O^2$	50,5
$Fe^2\,O^3$	26,9
$Fe\,O$	12,1
$Na^2\,O$	10,5
	100,0.

Essais pyrognostiques. La riebeckite fond facilement, à la flamme d'un bec Bunsen, en un émail noir magnétique et colore la flamme en jaune (Na).

Altérations. La riebeckite de Corse est parfois imprégnée par une chlorite d'un vert foncé qui se forme à ses dépens. M. Leverrier a signalé

des transformations en épidote, que je n'ai pu constater : il s'agit, sans doute, des associations de riebeckite et d'ægyrine décrites plus loin.

Diagnostic. Le pléochroïsme intense de la riebeckite, sa couleur, sa dispersion et surtout le signe négatif de son allongement permettent aisément de distinguer ce minéral des autres amphiboles. Ce dernier caractère est distinctif de la glaucophane. Les propriétés optiques constituent un bon caractère différentiel de la riebeckite et de la tourmaline, avec laquelle on l'a parfois confondue.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La riebeckite que j'ai à signaler ici se rencontre dans deux catégories de gisements :

1° Dans des roches éruptives ;

2° Dans des schistes cristallins ou paléozoïques métamorphisés.

1° *Dans les roches éruptives.*

Corse. — La seule région française renfermant des roches à riebeckite est la Corse; comme des gisements de cette nature ne sont connus que dans deux localités, à Socotra et à S. Peter's Dome dans le Colorado, je crois devoir entrer dans quelques détails à leur sujet.

La riebeckite a été signalée dans la granulite des Calanques de Piana, par M. Leverrier (*C. R.* CIX. 38. 1889), d'après des échantillons que lui avait communiqués M. Nentien. Ce dernier géologue a libéralement mis à ma disposition toute sa collection de roches à riebeckite, que j'ai pu ainsi étudier; il a bien voulu en outre me fournir les renseignements géologiques et topographiques donnés plus loin.

Les roches à riebeckite de Corse appartiennent à deux catégories : les unes, à gros grains, passent à des pegmatites; les autres, à grains fins, sont de véritables aplites riches en ægyrine.

a) *Granulites à gros grains et pegmatites*. — Le massif des Calanques de Piana est le gisement le plus remarquable, sinon par son étendue, du moins par la beauté des échantillons que l'on y rencontre. Gueymard (*Voy. géol. et minér. en Corse*. Bastia. 1820-21) l'a signalé comme constitué par du granite à tourmaline.

D'après M. Nentien, la granulite à riebeckite s'observe sur environ 1 kilomètre de long sur 200 à 300 mètres de large (orientation E.-O.). On la suit sur toute sa longueur en allant d'Evisa à Ota par le sentier muletier qui quitte la route forestière d'Evisa au golfe de Porto, au

droit de la chapelle de San Cipriano, et descend par de nombreux lacets (Scala della Speloncata) à la rivière de Porto, qu'il traverse en deux points. Cette roche forme une masse au milieu d'une granulite riche en chlorite.

La riebeckite se trouve dans la granulite en petits cristaux ne dépassant guère 7 à 8^{mm} (notamment à la descente de la Scala, sur la rive droite de la rivière de Porto). Cependant, sur la rive gauche de cette rivière, entre les deux ponts, ils atteignent 2 à 3^{cm} et en un seul point ils présentent une taille beaucoup plus grande (12 à 15^{cm}); la roche est alors une véritable pegmatite rappelant celle de San Peter's Dome.

Ces granulites à riebeckite sont très riches en gros cristaux de *zircon*, parfois transformé en *malacon* : elles renferment plus rarement de l'*astrophyllite* (voir page 535), de la biotite le plus souvent altérée. Les feldspaths sont essentiellement constitués par de l'orthose sodique et de l'anorthose, fréquemment associées en microperthite et présentant avec le quartz des associations pegmatoïdes. Quelques cristaux de riebeckite sont englobés par les feldspaths et le quartz, mais généralement ils moulent ces minéraux. Parmi les échantillons étudiés, un petit nombre se rapportent au type *b*.

Le deuxième gisement est situé dans la haute vallée de la rivière de Ficarella, qui, descendant de la Mufrella, se jette dans le golfe de Calvi. On peut le désigner sous le nom de Bonifato, forêt et maison forestière, qui en occupe la partie moyenne à 1 kilomètre en aval du confluent de la Melaja et du ruisseau de Porcareccia, au pied du sentier qui conduit dans le Filosorma par le col de Bonasa. Tout le fond de cette vallée (sauf les crêtes de Penne Rosse et de la Mufrella, formées en partie par des porphyres pétrosiliceux) est constitué par une granulite à riebeckite. Celle-ci forme des masses assez importantes échelonnées entre le point 363 de la route forestière et le confluent du ruisseau qui descend du col d'Avartoli avec celui des Bergeries de Spasimata (notamment à 400 mètres en contre-bas de ce confluent, en face du ruisseau de Malaja près de la maison forestière de Bonifato). La riebeckite s'y présente en cristaux atteignant plusieurs centimètres. La roche renferme des vides miarolitiques tapissés par du quartz et de la riebeckite; ils sont souvent comblés par de la fluorine violette. L'examen microscopique montre que, dans cette roche à grands éléments, le zircon est rare, l'astrophyllite et le mica absents, les feldspaths sont l'orthose et l'anorthose, assez altérées et toujours associées au quartz sous forme

pegmatoïde. Les échantillons examinés sont moins riches en riebeckite que ceux des gisements précédents.

Ces roches présentent une grande analogie avec celles de Skye (Druim na Eidhne), dont M. A. Geikie a bien voulu m'envoyer un échantillon, ainsi qu'avec celles de Socotra.

b) *Aplites à riebeckite et ægyrine.* — Ces roches se trouvent en filons (0.25°S.) dans le granite à hornblende du Haut-Niolo. Ces filons ont de 2 à 3 mètres d'épaisseur et s'observent notamment à 500 mètres à l'ouest de Calasima en Albertacce (feuille de Corte, au voisinage de la feuille de Vico). Un filon analogue a été rencontré dans la granulite des Calanques à l'O.-S.-O de la Scala (au voisinage d'un coude de la route forestière d'Evisa au golfe de Porto).

Ce sont des roches à grains fins dans lesquelles à l'œil nu on distingue de fines aiguilles noires de riebeckite et parfois des cristaux vert clair d'ægyrine. Au microscope, on constate dans les roches du Haut-Niolo la grande abondance de la riebeckite et de l'ægyrine; ces minéraux sont souvent groupés à axes parallèles, et l'on peut se demander si certains cristaux de riebeckite ne se sont pas produits aux dépens de l'ægyrine. Les faces de la zone verticale de ces deux minéraux sont remarquablement nettes[1]. Dans quelques échantillons, la riebeckite est implantée sur l'ægyrine en houppes qui rappellent celles de tourmaline dans la *luxulianite* du Cornwall. Les feldspaths sont les mêmes que dans les roches précédentes, mais ils forment de petites plages serrées les unes contre les autres et englobées dans du quartz grenu très abondant; des groupements pegmatoïdes s'observent çà et là. Le zircon n'est pas rare.

Les roches à ægyrine et riebeckite du sentier d'Evisa à Ota offrent la même structure, mais leurs éléments sont de dimensions plus grandes et les minéraux colorés moins abondants.

2° *Dans les schistes cristallins et les schistes paléozoïques métamorphisés.*

Ce genre de gisement de la riebeckite n'a jamais été décrit, à ma connaissance; je n'ai à en signaler que deux cas en France. Le premier

1. Ce caractère différencie la riebeckite corse de celle des microgranulites de Mynydd Mawr (pays de Galles) et des orthophyres quartzifères d'Ailsa Craig (Firth of Clyde) décrits par M. Harker (*Geol. Magaz.* XIII. 455. 1888) et par M. Teall (*Miner. Magaz.* IX. 219. 1891), et dont M. A. Geikie a bien voulu me communiquer des échantillons au moment du tirage de cette feuille.

que j'ai eu l'occasion d'étudier est celui de Corse, dont les échantillons m'ont été communiqués par M. Nentien. La riebeckite paraît y être un accident dans des régions riches en glaucophane.

Alpes. — *Savoie.* Dans une série de roches que je dois à l'obligeance de M. le C^el^ Ply, j'ai trouvé une remarquable roche à riebeckite, recueillie à l'est de la Pointe Turra près du mont Cenis et probablement dans les schistes lustrés. A l'œil nu, on distingue, dans une masse fibreuse d'un bleu foncé, des taches de calcaire jaune.

Au microscope, on constate que la riebeckite, en fines aiguilles enchevêtrées, est englobée dans de très nombreux cristaux d'albite et dans de la calcite, qui abonde en inclusions dans l'albite.

Le minéral, d'un bleu extrêmement intense, presque noir, possède les angles d'extinction de la riebeckite et non ceux de la *crocidolite*. C'est le seul exemple de riebeckite que j'aie constaté dans un calcaire.

Corse. — M. Nentien a trouvé à Vezzani, dans une recherche de mines de cuivre, un banc de quartzite dans lequel la glaucophane est entièrement remplacée par de fines aiguilles de riebeckite qui sont ou bien disposées parallèlement à la schistosité de la roche, ou bien plus souvent groupées autour d'un centre ; au microscope, elles ressemblent aux houppes de tourmaline de la *luxulianite* du Cornwall.

Elles sont englobées dans du quartz grenu et parfois dans de grandes plages déchiquetées de sphène jaune d'or.

Les roches de ce genre étant nouvelles, il me paraît intéressant d'en signaler un autre gisement, bien qu'il soit étranger à la France.

M. Brisse m'a, en effet, communiqué un quartzite à riebeckite tout à fait analogue à celui de Vezzani : il a été recueilli par lui dans de semblables conditions au milieu de lentilles associées aux schistes et quartzites à glaucophane du bord sud des hauts plateaux terminant vers l'ouest le massif de Bulgar Dagh (à 6 heures de mulet des mines de galène de Bulgar Maden) (Taurus, Asie Mineure). Ces roches à glaucophane forment, avec serpentines anciennes, l'axe d'un anticlinal recouvert en stratification concordante par des calcaires dévoniens (?).

Gisement de nature incertaine.

Corse. — Dans la collection du Muséum, j'ai trouvé, sous le nom de « tourmaline fibreuse de Venzolasca », un échantillon de quartz renfer-

mant une surface de plusieurs centimètres carrés couverte de petites aiguilles d'un bleu noir très brillantes constituées par de la riebeckite; ce bel échantillon m'a permis d'obtenir des sections transversales du minéral presque perpendiculaires à la bissectrice obtuse négative. Les cristaux présentent *m* (110) et g^1 (010) dans la zone verticale.

Au microscope on constate que la riebeckite est associée à de l'ægyrine. Ces deux minéraux sont orientés au milieu de grains de quartz.

M. Nentien, à qni j'ai communiqué cette observation, m'a fait remarquer que Venzolasca se trouve dans une région de schistes à glaucophane, et que, par suite, il est probable que l'échantillon provient d'un filon traversant ces derniers. Dans tous les cas, cette roche diffère de celle de Vezzani par la présence de l'ægyrine. Des recherches ultérieures sont nécessaires pour trouver la nature du gisement de cet échantillon : c'est pourquoi je ne le range dans aucune des catégories établies plus haut.

GLAUCOPHANE

$$\begin{bmatrix} Na^2\,Al\,Si^2\,O^6 \\ (Fe\,Mg\,Ca)\,Si\,O^6 \end{bmatrix}$$

Monoclinique, avec formes voisines de celles de la hornblende.

$mm = 124°45'$ (v. Lasaulx).

Formes observées. *m* (110), g^1 (010), a^1 ($\bar{1}01$), e^1 (011).

Macles. Macle suivant h^1 (100).

Faciès des cristaux. Les cristaux de glaucophane sont toujours allongés suivant l'axe vertical. Les rares cristaux que j'ai observés proviennent de l'île de Groix. Leurs faces prismatiques sont très brillantes, mais les faces a^1 ($\bar{1}01$) et e^1 (011) du pointement sont arrondies et non mesurables.

Dans les amphibolites des micaschistes, la glaucophane présente la structure de la hornblende. Toutefois, dans les schistes alpins et dans ceux de la Corse, elle prend souvent la forme aciculaire et donne naissance à des schistes à structure enchevêtrée analogue à celle de certains schistes à trémolite et actinote.

Clivages. Clivages *m* (110) parfaits. Fragile.

Dureté. 6 à 6,5.

Densité. 3,0 à 3,14 ; 3,081 île de Groix (cristaux distincts), 3,110 à 3,112 île de Groix, 3,12 Nouvelle-Calédonie, 3,137 Oulx.

Coloration et éclat. Bleue de diverses nuances, variant du bleu lavande au noir bleuâtre. Transparente en lames minces.

Éclat vitreux ou nacré. Poussière gris bleu.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). n_g fait avec l'axe vertical un angle de 4° à 6°. La bissectrice aiguë est *négative* (n_p).

Ces propriétés sont celles de la glaucophane normale (îles de Groix, de Syra, col de San Leonardo en Corse) ; mais on trouve aussi des glaucophanes possédant sur g^1 (010) un angle d'extinction plus grand, atteignant 16° et même 21° ou 22° (massif de la Vanoise (M. Termier), Nouvelle-Calédonie, etc.) ; ces amphiboles ont généralement suivant n_g une couleur d'un bleu verdâtre passant souvent au vert franc. Tantôt elles existent d'une façon indépendante de la glaucophane normale; tantôt, au contraire, elles sont associées à celle-ci de diverses manières et notamment en facules irrégulières (vallée du Diahot, Nouvelle-Calédonie). Parfois l'amphibole verte s'observe sur les bords; elle est peut-être alors le résultat de la transformation de la glaucophane. Ces amphiboles doivent être considérées comme des intermédiaires entre la glaucophane normale et les amphiboles dépourvues d'alcalis ; leur étude chimique serait certainement intéressante.

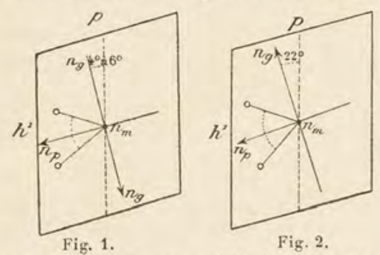


Fig. 1. Fig. 2.

Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Angle d'extinction plus petit dans la glaucophane normale (fig. 1) que dans la glaucophane passant à la hornblende (fig. 2).

2 E =	44°	île de Groix (v. Lasaulx) (Li) ;
	50°	Gagnerie de Brignon (Na) ;
	45°	vallée du Diahot.
$\mathbf{n_g - n_p}$ =	0,19 environ, mais variable ;	
=	0,022 (M. Termier) la Vanoise.	

Pléochroïsme. Le pléochroïsme de la glaucophane est très net et très caractéristique, mais, en même temps, fort variable en intensité et parfois en coloration suivant n_g. Ces variations sont également en relation avec des différences de composition chimique, a glaucophane la plus foncée paraissant être en même temps la plus ferrifère. Les cristaux sont souvent zonés (Oulx, etc.).

Glaucophane normale.

	n_g	n_m	n_p
Ile de Groix Santa Maria de Lota Oulx Nouvelle-Calédonie	bleu lavande	bleu violacé	incolore ou jaunâtre

Glaucophane foncée.

	n_g	n_m	n_p
Villarodin	bleu de Prusse foncé	bleu violet	jaune verdâtre clair

Glaucophane à grands angles d'extinction.

	n_g	n_m	n_p
Nouvelle-Calédonie	bleu lavande à bleu vert pâle	bleu violacé	jaune pâle presque incolore

Composition chimique. Toutes les glaucophanes étudiées ici correspondent au type normal bleu pâle, sauf peut-être celle de la Nouvelle-Calédonie, qui est plus pauvre en alcalis que les autres et dans laquelle j'ai trouvé parfois des facules à angles d'extinction de 20° à 21°. La glaucophane d'un bleu foncé et celle à angles d'extinction constants de 21° n'ont pas été analysées.

a) Composition correspondant à la formule Na Al $Si^2 O^6$, (Fe Mg) Si O^3, dans laquelle Mg : Fe = 2 : 1 ;

Analyses de la glaucophane : *b*) de Groix, par v. Lasaulx (*Verh. naturh. Ver. Bonn*, XL. 267. 1883) ;

c) de Groix, par Schluttig, *in* Grünhut (*Z. K.* XIII. 73. 1886);

d) de la Nouvelle-Calédonie, par M. Liversidge (*Roy. Soc. N. S. Wales*, XIV. 244. 1880);

e) de Beaume près d'Oulx par M. L. Colomba (*Att. R. Accad. Torino*, XXIX, 1894).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)
SiO^2. . . .	57,6	57,13	56,65	52,79	56,48
Al^2O^3 . . .	16,3	12,68	12,31	14,44	14,60
Fe^2O^3 . . .	»	8,01	3,01	»	»
FeO.	7,7		4,58	9,82	9,36
MgO	8,5	11,12	12,29	11,02	8,27
CaO.	»	3,34	2,20	4,29	2,12
Na^2O. . . .	9,9	7,39	7,93	5,26	8,29
K^2O	»	»	1,05	0,88	traces
H^2O.	»	»	»	1,38	»
	100,0	99,67	100,02	99,88	99,12
Densité	»	3,112	3,110	3,12	3,137

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, très facilement fusible en un émail vert olive sale devenant gris cendré au bout de quelques heures. Inattaquable par les acides.

Altérations. Dans beaucoup de roches, la glaucophane se transforme sur les bords en une hornblende sodique verte.

Diagnostic. La couleur bleue et le pléochroïsme distinguent la glaucophane de toutes les autres amphiboles. Le signe positif de son allongement constitue son caractère différentiel de la crocidolite.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La glaucophane se trouve dans deux catégories distinctes de gisements :

1° Dans les schistes cristallins occupant la partie supérieure de l'étage des micaschistes ou même dans les roches schisteuses de la série sédimentaire.

Au sujet des roches à glaucophane de ce dernier genre de gisement, il est nécessaire de réserver la question d'origine; beaucoup d'entre elles, en effet, paraissent n'être que le résultat ultime de la transformation de gabbros ayant subi des déformations mécaniques; elles se rapporteraient alors à la dernière catégorie de gisements.

2° Dans des roches éruptives basiques, où elle est le résultat de la transformation du pyroxène.

1° *Dans les schistes cristallins d'âge varié.*

Ce genre de gisement est de beaucoup le plus important; la glaucophane s'y présente souvent en cristaux dépassant 1^{cm} de longueur; l'épidote, la muscovite, le rutile, le sphène, le quartz sont les minéraux qui l'accompagnent le plus habituellement; on trouve la glaucophane soit dans des amphibolites presque exclusivement constituées par elle, soit dans des micaschistes ou quartzites.

C'est au milieu de ces roches à glaucophane que se trouvent comme accident les roches à riebeckite décrites page 698.

Bretagne. — *Morbihan*. L'île de Groix est riche en amphibolites à glaucophane qui y ont été découvertes par M. de Limur (*B. S. M.* VI. 293. 1883 et *op. cit.* 1884) et qui ont été étudiées par M. Barrois et par v. Lasaulx.

Leur position stratigraphique a été délimitée par M. Barrois (*B.S.M.* VI. 289. 1883 et *Ann. Soc. géol. Nord*, XI. 19. 1883). Ces roches peuvent être surtout étudiées dans les falaises sud-est de Groix et notamment dans la baie de Locmaria; on les observe aussi dans les falaises escarpées de la pointe d'Enfer, à la pointe des Chats, à La Croix sous Loqueltas, au Spernec, au Gripp, à Port Lay. Elles sont stratoïdes et présentent des lits jaunes, rouges ou bleus alternant entre eux et respectivement formés par de l'épidote, du grenat ou de la glaucophane; elles contiennent, en outre, du rutile, du sphène, de la magnétite, de la muscovite, du quartz, de la chlorite. Ces roches à glaucophane constituent par places des falaises de 30^m de hauteur. Leur teneur en glaucophane est très variable; quelques-unes d'entre elles sont presque exclusivement composées par ce minéral en grands prismes de plus de 1^{cm} de longueur : elles sont alors d'un bleu noir foncé. Les deux variétés les plus fréquentes sont des amphibolites à glaucophane et épidote et des micaschistes à épidote. Elles offrent une grande analogie avec celles de l'île de Syra.

Von Lasaulx a donné l'analyse transcrite plus haut et a signalé dans ses cristaux de glaucophane de Groix les formes *m* (110), g^1 (010), a^1 ($\bar{1}01$), e^1 (011) (*Niederrh. Gesell. Bonn*, 1883. 267). M. de Limur m'a remis de très beaux échantillons de ces roches de l'île de Groix : quelques-uns sont recouverts de jolis cristaux à faces brillantes de glaucophane engagés dans un mica jaune verdâtre; malheureusement ils sont toujours couchés sur une face de la zone prismatique et il m'a été impossible d'isoler un pointement complet. Ces cristaux présentent de curieux phénomènes de torsion ; ils sont accompagnés d'une hornblende sodique verte.

Sur les surfaces battues par la mer, la glaucophane se détruit moins vite que les minéraux qui l'accompagnent : elle reste alors en relief et se distingue par sa belle couleur bleue. Le même minéral abonde en fragments de toutes grosseurs dans les sables qui bordent les falaises de l'île (Bréon : *B. S. M.* III. 55. 1880).

Loire-Inférieure. J'ai rencontré la glaucophane comme élément accessoire dans l'éclogite de la Gagnerie de Brignan en Bouvron. Elle s'y transforme sur ses bords en amphibole d'un vert vif (*Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest*, I. 93. 1891) ; elle y a été retrouvée par M. Baret.

Alpes. — *Savoie*. La glaucophane est abondante dans les schistes

cristallins du massif de la Vanoise, étudiés par M. Termier et considérés par lui comme d'âge permien (*B. C. F.* n°s 20 et 23. 1891). Ce minéral avait été trouvé en 1889 par M. Marcel Bertrand dans un chlorito-schiste de cette région au chalet des Nants. Les gisements les plus dignes d'être cités sont : le glacier de la Vanoise, de l'Arpont, du Pelvoz, de la Dent-Parrachée, Entre-deux-Eaux.

La glaucophane s'y observe en lames microscopiques dans des schistes à séricite ou constitue de véritables amphibolites d'un bleu verdâtre foncé (Entre-deux-Eaux, sous le rocher du Col). Dans ces roches, la glaucophane est accompagnée d'ilménite, de rutile, de pyrite, de chlorite, d'albite, d'épidote. Les angles d'extinction sont généralement faibles, mais atteignent 21° dans une glaucophane d'Entre-deux-Eaux.

M. Termier signale (*op. cit.*, 34) un échantillon dans lequel la glaucophane se transformerait en diallage; il est plus probable que c'est l'inverse qui se produit, et il est possible, dès lors, qu'une partie de ces roches à glaucophane soit à reporter à la catégorie de gisements qui est étudiée page 706.

Je citerai ici, bien qu'il se trouve sur le versant italien, un remarquable gisement de glaucophane dont M. Marcel Bertrand m'a donné des échantillons recueillis par lui dans une excursion faite avec MM. Mattirolo et Potier; ils proviennent des bancs calcaires triasiques reposant sur des quartzites en face de la station d'Oulx (rive gauche de la Doria Riparia) le long de la ligne de Modane à Turin. La glaucophane se trouve dans un calcaire blanc jaunâtre, en cristaux distincts d'un noir bleuâtre atteignant 2^{cm} de longueur. Ils sont distribués suivant le rubanement de la roche et souvent brisés; on peut facilement les extraire par l'action des acides. Ils ne présentent que les faces *m* (110) distinctes très cannelées; leurs extrémités ne sont pas terminées par des faces mesurables [1] ; ils sont souvent zonés.

1. Au moment du tirage de cette feuille, M. L. Colomba m'a adressé un mémoire qu'il a publié sur ce gisement (*Att. R. Accad. Sc. Torino*, XXIX. 1894); un échantillon provenant de Beaume, qu'a bien voulu m'envoyer M. Piolti, est identique à ceux que m'a remis M. Bertrand. M. Colomba signale la glaucophane non seulement dans les calcaires, mais encore dans les schistes qui les accompagnent; il décrit d'intéressantes pseudomorphoses de glaucophane en chlorite : les minéraux associés à la glaucophane sont, avec la chlorite, de l'oligiste, des micas, de la tourmaline, de la pyrite, du quartz, de l'albite.

Corse. — La glaucophane a été signalée dans les schistes de Corse par M. Busatti (*Soc. Tosc. Sc. Nat.* 1885, 28 juin) entre Saint-Florent et Bastia; d'après cet auteur, ces schistes renferment, outre la glaucophane, de la paragonite, de la chlorite, de la tourmaline. M. Œbbecke a également signalé ce minéral en Corse (*Z. K.* XII. 284; *Z. d. d. g. Gesell.* XXXVIII. 647. 1886) à la Barchetta (route de Corte à Bastia).

Les renseignements suivants sur la glaucophane de Corse m'ont été fournis par M. Nentien, qui m'a communiqué un grand nombre d'échantillons. D'après lui, la glaucophane est extrêmement répandue dans la partie N.-E. de la Corse (une partie de l'arrondissement de Bastia et la moitié Est de celui de Corte) limitée presque exactement par une ligne droite joignant l'embouchure du Regino à celle de la Solenzara.

Les roches à glaucophane les plus abondantes sont des amphibolites formant des lentilles aplaties ou des couches continues à la partie supérieure d'une série schisteuse formée de bas en haut par des schistes à séricite, des cipolins et des schistes amphiboliques.

Les gisements les plus remarquables au point de vue de la glaucophane sont les suivants : vallée de Santa Maria di Lota, notamment près du hameau de Mandriale (cap Corse); col entre Murato et Campitello; aval de la Porta d'Ampugnani, environs de Moïta et de Matra; environs de Santa Maria Poggio près de Cervione; environs de Vezzani, etc.

A Santa Maria di Lota (cap Corse), la glaucophane, en cristaux brisés de plusieurs millimètres, riches en inclusions de rutile, se trouve dans un calcschiste avec épidote, clinochlore, muscovite et albite qui l'englobent comme dans l'échantillon des Alpes, décrit page 707 (structure pœcilitique).

On trouve plus rarement la glaucophane dans des quartzites, notamment au col de San Léonardo (partie supérieure de la vallée du ruisseau de Griscione, au N.-O. de Ville di Pietrabugno). Ces quartzites forment des lentilles plus ou moins continues et interstratifiées au milieu des schistes amphiboliques à glaucophane. La glaucophane, en aiguilles de 2^{mm}, est criblée d'enclaves de quartz finement grenu. Elle y est parfois accompagnée d'un peu d'épidote et d'éponges d'albite.

Nouvelle-Calédonie. — La glaucophane abonde à la pointe Nord de l'île et particulièrement dans la vallée du Diahot et aux environs

de Balade (Voir, pour plus de détails sur ces gisements, page 254). L'existence d'une amphibole bleue a été signalée dans cette région par M. Garnier (*A. M.* XII. 1867) et par M. Jannettaz (*B. S. G.* XXIV. 451. 1867). Son identité avec la glaucophane a été établie par M. Friedel dans le mémoire que M. Heurteau (*A. M.* IX. 262. 1876) a consacré à la géologie de l'île. J'ai donné plus haut l'analyse qui en a été faite par M. Liversidge.



Fig. 3.
Lame mince g^1 (010) de glaucophane normale avec facule de glaucophane à grand angle d'extinction.

Les échantillons que j'ai étudiés proviennent des collections de MM. Garnier, Heurteau et Pelatan. Ils sont constitués par des amphibolites à glaucophane, riches en dodécaèdres de grenat almandin, en rutile, sphène, épidote, et par des micaschistes ou quartzites micacés renfermant ces mêmes minéraux accompagnés de clinochlore et de muscovite. C'est dans la glaucophane des amphibolites que j'ai trouvé les facules s'éteignant à 20° et 21° (fig. 3).

Ces roches de la Nouvelle-Calédonie sont très analogues à celles de l'île de Groix, et on verra plus loin que quelques-unes d'entre elles doivent être considérées comme le résultat de la transformation de gabbros.

2° *Dans les gabbros, comme produit secondaire.*

Ce genre de gisement paraît assez répandu dans les Alpes françaises ; il s'observe aussi en Corse et à la Nouvelle-Calédonie.

La glaucophane des gabbros est généralement accompagnée de saussurite et de feldspath. Quand la transformation s'est effectuée dans des gabbros très déformés par actions mécaniques, le résultat ultérieur de l'évolution de la roche conduit à une sorte de *glaucophanite* dans laquelle la glaucophane constitue des cristaux nets ou de petites aiguilles enchevêtrées ou entrelacées. Elles sont associées à de l'albite, de l'épidote, du sphène, etc. Ces roches peuvent, dans certains cas, être prises pour de véritables amphibolites. La confusion peut être faite d'autant plus facilement que, dans la même région, on trouve souvent des glaucophanites, des micaschistes ou quartzites à glaucophane qui font partie intégrante de séries sédimentaires schisteuses.

Alpes. — *Savoie.* Les gabbros de Villarodin près Modane présentent de remarquables phénomènes de transformation du diallage en glaucophane, qui donnent à la roche une couleur d'un bleu noirâtre.

Cette transformation s'effectue par les procédés habituels d'ouralitisation (voir page 581, fig. 14). Suivant les échantillons, la glaucophane est d'un bleu clair ou d'un bleu extrêmement foncé. Souvent elle se produit en cristaux indépendants au milieu de l'agrégat d'épidote, d'albite et de calcite résultant de la saussuritisation du feldspath. Les roches très altérées dont il s'agit ne présentent souvent plus guère de trace de leur structure originelle et il est possible que beaucoup de schistes à glaucophane de la région ne soient autre chose que des gabbros laminés et radicalement transformés.

Hautes-Alpes. M. Nentien a bien voulu me communiquer des préparations de gabbros en partie transformés en glaucophane qu'il a recueillis, il y a quelques années, au milieu des schistes lustrés, à l'est de Molines, dans le Haut-Queyras (flanc ouest de Mourre-Froid, entre le village de Molines et le signal 2792).

Corse. — La transformation du diallage en glaucophane et en hornblende verte n'est pas rare dans les gabbros grenus et dans les diabases ophitiques du groupe supérieur de la première série des roches basiques signalée page 589 et particulièrement dans les gabbros des cantons de Sermano (Sant'Agostino) et de San Lorenzo.

La glaucophane de ces gisements est tout à fait l'homologue de la crocidolite que j'ai signalée (*B. S. M.* XIII. 14. 1890) dans les mêmes conditions au cap Argentaro et à l'île de Gorgona. L'analogie des roches de ces deux gisements est encore montrée par les mêmes transformations de leurs feldspaths en chlorites.

Les échantillons que j'ai étudiés m'ont été remis par M. Nentien, qui a particulièrement appelé mon attention sur une glaucophanite qu'il a recueillie au vieux pont de Piedicorte sur le Tavignano près de la route de Corte à Aleria. Elle paraît y former un dyke de 1200^{m} sur 150^{m} au milieu de schistes sériciteux. Cette roche peut être étudiée sur les deux rives du Tavignano et notamment à sa traversée par la route nationale ; elle oscille entre deux types extrêmes : l'un presque exclusivement formé par la glaucophane et l'autre quartzifère avec un peu de glaucophane ; ces roches sont très dures.

L'examen microscopique fait voir que la roche est en grande partie constituée par de la glaucophane en grands cristaux allongés, terminés par de larges aiguilles inégales qui sont entourées par de l'albite globuleuse enveloppant de l'épidote, etc. Par places, ce minéral est très

rare; dans d'autres, au contraire, il est très abondant et certains échantillons sont presque entièrement formés par des plages arrondies d'albite moulées par de la chlorite. On pourrait se demander si cette roche ne constitue pas une amphibolite ; mais un des échantillons de M. Nentien montre de grandes plages de diallage en voie de transformation. En lumière naturelle, on reconnait la structure ophitique originelle de la roche, dont les feldspaths sont transformés en petits cristaux rectangulaires. Quelques échantillons renferment un minéral que je n'ai pu encore identifier avec aucune espèce connue.

Nouvelle-Calédonie. — Parmi les roches à glaucophane de la vallée du Diahot que j'ai examinées, se trouve une roche identique à celle de Piedicorte dont il vient d'être question : elle appartient certainement à la catégorie de roches à glaucophane regardées, par M. Heurteau (*op. cit.* 266) comme éruptives au milieu des micaschistes.

En Nouvelle-Calédonie, de même que dans les Alpes et en Corse, il existe donc, à côté d'amphibolites à glaucophane appartenant incontestablement à des formations sédimentaires métamorphisées, des pseudo-amphibolites à glaucophane de structure différente produites par la transformation totale de gabbros.

AMPHIBOLE TRICLINIQUE

ÆNIGMATITE (Cossyrite)

$$Na^4\ Fe^9\ (Al\ Fe''')^2\ (Si\ Ti)^{12}\ O^{38}$$

Triclinique, pseudomonoclinique. $mt = 114°9'$ (Förstner).

$b : c : h = 1000 : 1000$ env. $: 291{,}564$. $D = 831{,}614$. $d = 555{,}353$.

angle plan de $p = 112°31'28''$ env.

angle plan de m / angle plan de t $= 99°26'\ 36''$ env.

$$\left[\begin{array}{c} a : b : c = 0{,}6778 : 1 : 0{,}3506 \\ y\,z = 90°;\ z\,x = 72°49';\ x\,y = 90°. \end{array}\right]$$

Ces paramètres ont été calculés par M. Dana d'après les données de M. Förstner (*cossyrite* de Pantellaria) : ils ne doivent être considérés

que comme approximatifs. La position choisie est la même que pour les amphiboles monocliniques.

Formes et faciès des cristaux. Les formes se rapprochent beaucoup de celles des amphiboles monocliniques. La différence la plus grande réside dans l'angle *mm*, qui, dans l'ænigmatite, est de 114°9′, au lieu d'être voisin de 124° comme dans les autres amphiboles. Dans l'unique gisement que j'ai à signaler, le minéral est allongé suivant l'axe vertical; il paraît présenter les faces m $(1\bar{1}0)$, t (110), h^1 (100), g^1 (010). Je n'ai pu extraire de pointements distincts.

Macles. Macles polysynthétiques suivant g^1 (010).

Clivages. Clivages m $(1\bar{1}0)$ et t (110) moins faciles que dans les amphiboles.

Dureté. 5,55.

Densité. 3,74 à 3,85.

Coloration et éclat. Noire. Opaque ou transparente seulement en lames très minces.

Éclat vitreux. Poussière brun rouge.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques voisin de g^1 (010). La bissectrice aiguë est *positive* (n_g) et fait avec l'axe vertical un angle très voisin de 45° dans l'angle obtus ph^1 (001) (010). L'angle d'extinction dans h^1 (100) est d'environ 4°.

$$2\,\mathbf{E} = 60^\circ \text{ environ.}$$

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est extrêmement intense dans les teintes suivantes :

$\mathbf{n}_g$ = brun noir;
$\mathbf{n}_m$ = brun châtaigne foncé;
$\mathbf{n}_p$ = brun rouge clair.

L'absorption est $n_g > n_m > n_p$.

Composition chimique. L'ænigmatite est un silicate (et titanate) de FeO et de Na^2O renfermant, en outre, de l'alumine et du Fe^2O^3.

Essais pyrognostiques. Facilement fusible au chalumeau en un verre noir magnétique. Attaquée difficilement par les acides concentrés.

Diagnostic. L'ænigmatite se distingue de la hornblende basaltique par la valeur de son angle de clivage, par ses propriétés optiques, par sa forte réfringence et sa coloration intense (Voir à Ilvaïte).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* J'ai trouvé l'ænigmatite en cristaux atteignant 2^{mm} dans la néphélinite doléritique du puy de Saint-Sandoux (Barneire). Elle s'y distingue, à l'œil nu, de l'augite, dont les cristaux sont moins allongés. Je n'ai pu arriver à en isoler de cristaux entiers; le minéral est, en effet, très fragile. J'ai pu constater que la densité est supérieure à 3,4. Les lames très minces permettent de voir les macles polysynthétiques et de déterminer les propriétés optiques. Beaucoup de ces cristaux sont opaques. L'augite qui les accompagne appartient à la variété titanaugite.

Le gisement de Saint-Sandoux est remarquable par la netteté de ce minéral rare, dont il sera probablement possible d'obtenir de meilleurs échantillons que ceux que j'ai observés.

APPENDICE

Depuis la publication du premier fascicule de ce volume, j'ai recueilli de nombreux documents sur les minéraux étudiés de la page 1 à la page 304. Ils seront étudiés dans un supplément qui paraîtra quand cet ouvrage sera terminé. Je ferai toutefois exception pour l'ilvaïte, dont M. Gentil vient de décrire un gisement au moment du tirage de cette feuille (*B. S. M.* XVIII, 410. 1895). La place de ce minéral aurait été page 119, après la Bertrandite.

ILVAÏTE

$H\ Ca\ Fe''^{2}\ Fe'''\ Si^{2}\ O^{9}$

Orthorhombique. $mm = 112°38'$ (Dx).

$b : h = 1000 : 368{,}395$. $D = 832{,}126$. $d = 554{,}586$.

$[a : b : c = 0{,}66647 : 1 : 0{,}44276]$

Formes observées. m (110), g^{3} (120), g^{2} (130), $b^{1/2}$ (111).

Les angles donnés ci-dessous ont été mesurés par M. Gentil.

	Angles calculés	Angles mesurés		Angles calculés	Angles mesurés
$m\ m$	112°38′	112°11	$^{*}b^{1/2}\ b^{1/2}$ (sur p)	102°48′	
$m\ g$	160°34′		$b^{1/2}\ m$	128°36′	128°40
$g^{3}g^{3}$ (sur g^{1})	106°15′	106°9′			
$m\ g^{2}$	150°15′		$^{*}b^{1/2}\ b^{1/2}$ (côté)	117°27′	117°21′
$g^{2}g^{2}$ sur g^{1}	126°51′	126°37′	$b^{1/2}b^{1/2}$ (avant)	139°31′	139°35′

Faciès des cristaux. Les cristaux d'ilvaïte sont allongés suivant l'axe vertical ; toutes les faces de la zone prismatique sont striées parallèlement à leurs intersections mutuelles, ce qui rend les mesures goniométriques exactes à peu près impossibles.

Clivages. Clivage suivant p (001) et g^{1} (010) ; traces de clivage suivant m (110) et a^{1} (101). Le clivage g^{1} (010) est très distinct dans l'ilvaïte d'Algérie (M. Gentil).

Dureté. 5,5 à 6.

Densité. 3,9 à 4,1.

Coloration et éclat. Noir de poix. Éclat métalloïde résineux. Les

cristaux frais sont très brillants; ils se ternissent par altération. Poussière noire grisâtre. Le minéral est à peine translucide en lames minces.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100); bissectrice aiguë perpendiculaire à p (001). 2 V très grand (Lorenzen).

Pléochroïsme. Dans les sections p (001) de l'ilvaïte d'Algérie, le pléochroïsme est très intense. M. Gentil a observé :

suivant b = brun clair;
— a = brun noir presque opaque.

Composition chimique. La formule $HCa\,Fe''^2\,Fe'''\,Si^2\,O^9$ correspond à la composition suivante :

SiO^2.....	= 29,3
Fe^2O^3....	= 19,6
FeO	= 35,2
CaO	= 13,7
H^2O......	= 2,2
	100,0

M. Gentil a constaté par des essais qualitatifs que l'ilvaïte d'Algérie renferme environ 2 °/₀ de MnO.

Essais pyrognostiques. Facilement fusible en un verre noir magnétique. Avec les flux, donne les réactions du fer et souvent du manganèse. Attaquable par les acides en faisant gelée.

Altérations. Le minéral d'Algérie est fréquemment altéré et recouvert d'une patine de limonite.

Diagnostic. Les formes de l'ilvaïte sont tout à fait caractéristiques. En lames minces, les variétés translucides présentent la couleur brune et le pléochroïsme intense de l'ænigmatite, dont elles se distinguent par les extinctions longitudinales et une facile attaque par les acides.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Algérie. — *Constantine*. Le gisement étudié par M. Gentil (*B. S. M.* XVIII. 1895) se trouve non loin du cap Bou-Garoune près Collo. L'ilvaïte se rencontre avec mélanite[1], bustamite, épidote, quartz, à la

1. Ce grenat *mélanite*, qu'il faut ajouter aux gisements décrits page 234, est jaune ou brun foncé; il présente les faces b^1 (110) et les propriétés optiques de la topazolite avec la structure zonée de l'aplome (*B. S. M.* XVIII. 270. 1894).

partie supérieure d'un filon d'oligiste. Elle a été trouvée dans des recherches faites sur ce filon.

L'ilvaïte forme des masses compactes noires, dans les cavités desquelles se trouvent des cristaux nets atteignant 1cm d'épaisseur sur plusieurs centimètres de longueur. Ils sont généralement altérés superficiellement et ternes, souvent recouverts d'un enduit de limonite ; de petits cristaux très brillants sont engagés dans le quartz. Ils sont peu riches en faces et présentent les prismes *m* (110), g^3 (120), *g* (130). Ils sont très cannelés, et il existe probablement d'autres faces, à symboles plus complexes que les précédentes, qui n'ont pu être déterminées exactement à cause du peu de brillant habituel de ces cristaux : la face *m* (110) manque rarement. Tous les cristaux étudiés sont terminés par $b^{1/2}$ (fig. 1).

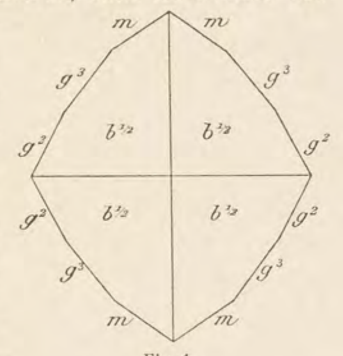


Fig. 1.
Projection sur la base d'un cristal d'ilvaïte de Bou-Garoune.

Minéral de Villarodin décrit sous le nom de *Groppite*.

M. des Cloizeaux a trouvé (*B. S. G.* XXII. 25. 1864), dans l'anhydrite de Villarodin près Modane, de petits grains verdâtres à éclat gras dont l'analyse suivante a été faite par M. Pisani :

SiO^2.....	48,20
Al^2O^3....	19,70
MgO....	12,80
CaO.....	1,64
FeO.....	3,38
Na^2O..... / K^2O.....	7,22
H^2O.....	7,06
	100,00

Cette composition est très analogue à celle de la *groppite* de Gropptorp en Suède (pseudomorphose de pargasite ?).

J'ai montré (*B. C. F.* n° 42. 123. 1895), par l'examen microscopique des échantillons que M. des Cloizeaux a bien voulu me donner, que

cette substance n'est pas homogène, mais qu'elle est constituée par des lamelles de chlorite souvent associées en proportion très variable à de l'albite, à de petites aiguilles de rutile et de tourmaline, etc. L'analogie des grains de Villarodin avec le minéral de Gropptorp est donc toute fortuite : ils ne doivent pas être considérés comme appartenant à une espèce minérale.

TABLE DES MATIÈRES

DU PREMIER VOLUME

Une table générale des matières terminera le dernier volume; elle sera accompagnée d'un index géographique détaillé.

ERRATA

P. 2, ligne 22, *au lieu de* fig. 6, *lire* fig. 5.
P. 13, ligne 8, *au lieu de* Lustone, *lire* Lustou.
P. 22, ligne 9, *au lieu de* Moustajou, *lire* Moustajon et de la montagne de Barcugnas.
— ligne 31, *au lieu de* Sentein, *lire* Sentien.
P. 24, ligne 10, *au lieu de* (143), *lire* (141).
P. 31, ligne 4 de la note de la fig. 11, *au lieu de* Coran, *lire* Lioran.
P. 38, ligne 10, au lieu de *Basses-Pyrénées*, lire *Hautes-Pyrénées.*
P. 42, ligne 10, *au lieu de* Moulin-Vieux, *lire* Moulin-Vieux en Plourin.
P. 48, ligne 12, au lieu de *B. S. M.* XV, lire *B. S. M.* XII.
P. 50, ligne 11, au lieu de $mm = 110$, lire $mm = 111°$.
P. 52, ligne 2 (en remontant), *au lieu de* permettent, *lire* permet.
P. 53, ligne 8, *au lieu de* elles, *lire* ces sections.
P. 59, ligne 12 (en remontant), au lieu de g^3 (130), lire g^3 (120).
— ligne 13, au lieu de g^2 (120), lire g^2 (130).
P. 62, ligne 11, au lieu de b^1 (111), $b^{1/2}$ (112), lire b^1 (112), $b^{1/2}$ (111).
P. 65, ligne 8, au lieu de m (110), t $(1\bar{1}0)$, lire m $(1\bar{1}0)$, t (110).
P. 67, ligne 15, au lieu de i^1, lire e^1.
— dernière ligne, au lieu de ph^1 (001) (100), lire pg^1 (001) (010).
P. 68, ligne 3 (en remontant) de l'explication de la fig. 7, *au lieu de* perpendiculaire, *lire* parallèle.
P. 72, ligne 2, *au lieu de* j'y ai observé, *lire* j'ai observé assez fréquemment dans ce rutile.
P. 75, dans le tableau des angles, *ajoutez* « angles calculés » au-dessus des colonnes de gauche, et « angles mesurés » au-dessus de celles de droite. Dans le même tableau, 3e colonne, au lieu de $\varepsilon\, d^{1/2}$, lire $\varepsilon\lambda$.
P. 78, ligne 9, au lieu de $e_2 = (d^{1/3}\, d^1\, b^{1/2})$, $(12\bar{3}2)$, lire $e_2 = (d^{1/2}\, d^1\, b^{1/2})$ $(12\bar{3}2)$.
P. 85, ligne 3, au lieu de h, lire k.
P. 91, ligne 2, *au lieu de* Coume de Labesque (vallée du Lys), *lire* La Coume de Labesque (Haute région d'Oo);
— ligne 2, *au lieu de* à Ceil de la Baque, *lire* au nord du Ceil de la Baque.
P. 92, fig. 6 et 7, remplacer d^2 par d^1.
P. 93, ligne 1, en bas, *au lieu de* Ariège, *lire* Oriège.
P. 95, ligne 4, et P. 107, ligne 17, au lieu de e, lire e^1.
P. 96, ligne 4 (en remontant), au lieu de h, lire k.
— ligne 5, au lieu de d^2, lire d^1.

P. 97, ligne 11 (en remontant), et p. 249, ligne 8 (en remontant), *au lieu de* Arlane, *lire* Arlanc.

P. 101, ligne 4, *au lieu de* Mnot-Blanc, *lire* Mont-Blanc.

P. 102, ligne 10, *au lieu de* Bonne-Nouvelle, *lire* Bon-Accueil.

— ligne 15, *au lieu de* Tirourba, *lire* Tirourda.

P. 108, ligne 28, *au lieu de* pic de Rié, *lire* pic de Rie.

P. 111, ligne 6 (en remontant), au lieu de n_p, lire n_g.

P. 113, ligne 3 du tableau (en remontant), au lieu de h^1 h^2 (sur h^1) = 156°47', lire h^2 h^2 (sur h^1) = 158°47'.

P. 128, ligne 9, *au lieu de* 0,47382, *lire* 0,34682.

P. 129, ligne 5, au lieu de a, lire b.

P. 133, ligne 14, *au lieu de* Barnenès, *lire* Bar nenès (falaises à l'E. de la baie de Morlaix).

— ligne 7 (en remontant), après $d^{1/2}$ (111), ajouter $d^{3/2}$ (113).

— ligne 11 (en remontant), *au lieu de* 64°43', *lire* 64°33'.

P. 134, dans tableau 3e colonne, ligne 7 (en remontant), au lieu de $b^{1/2}$ $b^{1/2}$, lire $a^{1/2}$ $b^{1/2}$.

P. 135, ligne 4, *au lieu de :* sont terminés soit, *lire :* sont terminés, le plus souvent, soit...

— ligne 5, au lieu de $(1\bar{1}0)$, lire (110).

— ligne 9, au lieu de $b^{1/2}$ (111), lire $b^{1/2}$ $(\bar{1}11)$;

P. 136, ligne 2 (en remontant), au lieu de (*J. M. V.* 415), lire (*J. M.* n° XXX. 415. an V) Chalanches en Allemont.

P. 139, ligne 8, *au lieu de* (101), *lire* $(\bar{1}01)$.

P. 143, ligne 18, supprimer p (001).

P. 144, ligne 7, *au lieu de* (101), *lire* $(\bar{1}01)$.

P. 149, ligne 9 (en remontant), *au lieu de* $(\bar{2}01)$, *lire* (201).

P. 150, ligne 16, *au lieu de* $(\bar{1}01)$, *lire* (101).

P. 152, ligne 9, *au lieu de* Port Sainte-Marie, *lire* Port-Sainte-Marie en Port-de-Lanne.

— ligne 10, au lieu de o^1, lire o^2.

— ligne 18, *au lieu de* col de Mende, *lire* col de Menté.

— ligne 29, *au lieu de* Djemen-bon-Resy, *lire* Djenian-bou-Resg.

P. 153, ligne 8, *au lieu de* Senet (Aragon), *lire* Senet (Catalogne).

— dans le tableau des angles, 1re colonne, *au lieu de* 111°, *lire* 69°.

P. 155, ligne 13, *au lieu de* dominantes avec p (001) a^1, *lire* dominantes avec a^1.

P. 160, ligne 4 de la 2e colonne du tableau : intervertir les angles calculés et mesurés de $b^{1/2}$ m.

— ligne 14, *au lieu de* (fig. 1), *lire* (fig. 2).

— ligne 6 (en remontant), *au lieu de* ces gisements, *lire* nos gisements.

P. 161, ligne 12, *au lieu de* suivant n_g^{ω}, *lire* suivant n_p.

P. 169, ligne 5 (en remontant), *au lieu de* Si O, *lire* $Si O^4$.

— ligne 11 (en remontant), *au lieu de* (Mg, Fe^2), *lire* $(Mg. Fe)^2$.

P. 170, ligne 2, *au lieu de* **SiO^2**, *lire* **$Si O^4$**.

— ligne 5 (en remontant), *au lieu de* $(Mg^2 Si O^2)$ et $(Fe^2 Si O^2)$, *lire* $(Mg^2 Si O^4)$ et $(Fe^2 Si O^4)$.

P. 171, ligne 3 de la 2e colonne du tableau, *au lieu de* 155°1′, *lire* 155°2′.

P. 172, ligne 2 (en remontant), *au lieu de* $Al^2 O^2$, *lire* $Al^2 O^3$.

P. 180, ligne 2 (en remontant), *au lieu de* chimique, *lire* minéralogique.

P. 199, ligne 8, *au lieu de* $\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0{,}038$, *lire* $\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0{,}033$.

P. 201, ligne 3, *au lieu de* tétartoédrique, *lire* parahémiédrique.

— ligne 7, au lieu de d^2 $(21\bar{3}4)$, lire d^2 $(21\bar{3}1)$.

— ligne 8 du tableau, 1re colonne, supprimer $b^1 e^2 = 110°53'$, qui est répété.

P. 205, ligne 12 (en remontant), *au lieu de* $(11\bar{1}3)$, *lire* $(1\bar{1}23)$.

P. 207, ligne 4, *au lieu de* $Ca^3 Ca^2 Si^3 O^{12}$, *lire* $Ca^3 Cr^2 Si^3 O^{12}$.

P. 211, ligne 4, *au lieu de* Senet en Aragon, *lire* Senet en Catalogne.

P. 230, ligne 1, *au lieu de* col de Boups, *lire* col de Box.

P. 234, ligne 9, *au lieu de* Épinal, *lire* Saint-Dié.

P. 249, ligne 8 (en remontant), *au lieu de* Arlane, *lire* Arlanc.

P. 250, ligne 3, *au lieu de* Puy d'Alloix, *lire* puy d'Olloix.

— ligne 8 (en remontant), *au lieu de* Boërn, *lire* Boën.

P. 264, ligne 10, *au lieu de* 40,4, *lire* 4,4.

P. 279, colonne de gauche du tableau, au lieu de pe^2 160°2′, lire 161°40′; 2e colonne en bas, au lieu de te^1 104°38′, lire 104°48′.

P. 310, 3e ligne sous le titre Biotite et Phlogopite, *au lieu de* angle plan de $p1 = 20°$, *lire* angle plan de $p = 120°$.

P. 321, ligne 4 (en remontant), *au lieu de* (vallée de Marmagne, etc.), *lire* et notamment aux environs de Marmagne (vallée du Mesvin).

P. 348, lignes 8 et 9 (en remontant), *supprimer :* du quartier du Pilier à Saint-Vallier de Thiey et de celles.

P. 401, ligne 6, *au lieu de* la Chapelle d'Oudon, *lire* la Chapelle-sur-Oudon.

P. 414, ligne 2 (en remontant), *au lieu de* Eye, *lire* Eze.

P. 553, au bas de la première colonne du tableau d'angles :
au lieu de $g^1 e^{5/4}$ 114°33′, lire $g^1 e^{5/4}$ 114°32′;
au lieu de $g^1 e^{4/3}$, lire $g^1 e^{4/3}$ 113°10′.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

5

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS





